

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-219814

(43)Date of publication of application : 06.08.2002

(51)Int.Cl.

B41J 2/175

(21)Application number : 2001-223382

(71)Applicant : SEIKO EPSON CORP

(22)Date of filing : 24.07.2001

(72)Inventor : KANETANI MUNEHIDE  
TSUKADA KENJI

(30)Priority

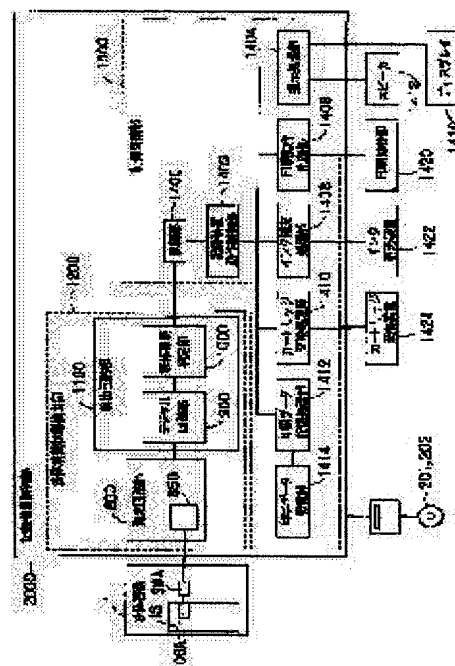
Priority number : 2000354802 Priority date : 21.11.2000 Priority country : JP

## (54) LIQUID CONSUMPTION STATE DETECTOR

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a liquid consumption state detector in which detection of liquid consumption state can be utilized more effectively.

**SOLUTION:** The liquid consumption state detector comprises an oscillatory section at least partially exposed to a space for containing liquid and can oscillate with respect to the containing space, and a piezoelectric element which can oscillate the oscillatory section based on a drive signal and generates a counter-electromotive force signal through oscillation of the oscillatory section. Liquid consumption state detecting sections 1200, 1202 and 1210 detect liquid consumption state based on a counter-electromotive signal from the piezoelectric element. A specified quantity of liquid can be contained in the containing space. The oscillatory section is disposed in the vicinity of liquid level when the specified quantity of liquid is contained in the containing space.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 02.05.2003

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 21.09.2004

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection] 2004-021841

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection] 21.10.2004

[Date of extinction of right]

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : **2002-219814**

(43)Date of publication of application : **06.08.2002**

(51)Int.Cl.

**B41J 2/175**

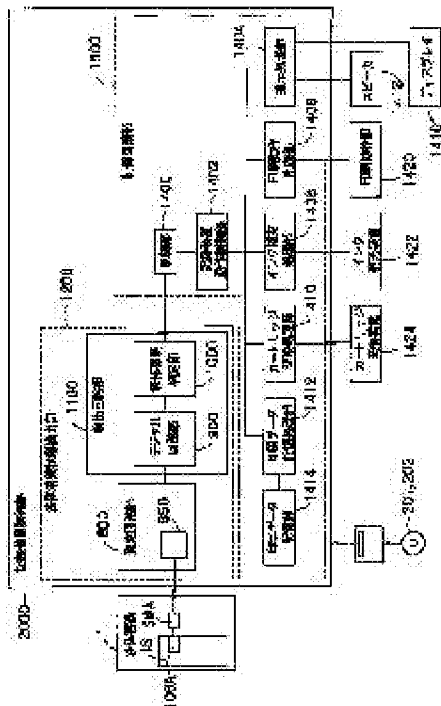
(21)Application number : **2001-223382** (71)Applicant : **SEIKO EPSON CORP**

(22)Date of filing : **24.07.2001** (72)Inventor : **KANETANI MUNEHIDE**  
**TSUKADA KENJI**

(30)Priority

Priority number : **2000354802**      Priority date : **21.11.2000**      Priority country : **JP**

## (54) LIQUID CONSUMPTION STATE DETECTOR



(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a liquid consumption state detector in which detection of liquid consumption state can be utilized more effectively.

**SOLUTION:** The liquid consumption state detector comprises an oscillatory section at least partially exposed to a space for containing liquid and can oscillate with respect to the containing space, and a piezoelectric element which can oscillate the oscillatory section based on a drive signal and generates a counter-electromotive force signal through oscillation of the oscillatory section. Liquid consumption state detecting sections 1200, 1202 and 1210 detect liquid consumption state based on a counter-electromotive signal from the piezoelectric element. A specified quantity of liquid can be contained in the containing space. The oscillatory section is disposed in the vicinity of liquid level

when the specified quantity of liquid is contained in the containing space.

## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 02.05.2003  
[Date of sending the examiner's decision of rejection] 21.09.2004  
[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]  
[Date of final disposal for application]  
[Patent number]  
[Date of registration]  
[Number of appeal against examiner's decision of rejection] 2004-021841  
[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection] 21.10.2004  
[Date of extinction of right]

**\* NOTICES \***

**JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.**

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**CLAIMS**

---

[Claim(s)]

[Claim 1] While at least a part is exposed to the hold space in which the liquid in which re-restoration is possible is held While it is possible to vibrate the oscillating section based on the oscillating section which can vibrate, and a driving signal to the hold space concerned It has the liquid consumption condition detecting element which detects a liquid consumption condition based on the back EMF signal from the piezoelectric device which generates the back EMF signal, and a piezoelectric device by vibration of the oscillating section. Hold space It is the liquid consumption condition detector characterized by being able to hold only the specified quantity and preparing the oscillating section in the liquid near the oil level at the time of liquid hold of said specified quantity of hold space.

[Claim 2] While at least a part is exposed to the hold space in which the liquid in which re-restoration is possible is held While it is possible to vibrate the oscillating section based on the oscillating section which can vibrate, and a driving signal to the hold space concerned It has the liquid consumption condition detecting element which detects a



liquid consumption condition based on the back EMF signal from the piezoelectric device which generates the back EMF signal, and a piezoelectric device by vibration of the oscillating section. Hold space It is the liquid consumption condition detector characterized by being able to hold only the specified quantity, and for the oscillating section and a piezoelectric device boiling a liquid near the oil level at the time of a liquid exhaustion of hold space near the oil level at the time of liquid hold of said specified quantity of hold space, and being prepared, respectively.

[Claim 3] While at least a part is exposed to the hold space in which the liquid in which re-restoration is possible is held While it is possible to vibrate the oscillating section based on the oscillating section which can vibrate, and a driving signal to the hold space concerned It has the liquid consumption condition detecting element which detects a liquid consumption condition based on the back EMF signal from the piezoelectric device which generates the back EMF signal, and a piezoelectric device by vibration of the oscillating section, and the oscillating section and a piezoelectric device are near the predetermined oil level of hold space. The liquid consumption condition detector characterized by being alike the bottom of the oil level concerned the oil-level top concerned, and being prepared, respectively.

[Claim 4] Said 2 sets of oscillating sections and piezoelectric device are a liquid consumption condition detector according to claim 3 characterized by being formed in one module.

[Claim 5] A liquid consumption condition detecting element is a liquid consumption condition detector according to claim 2 to 4 characterized by detecting a liquid consumption condition based on the relative relation of the back EMF signal from two piezoelectric devices.

[Claim 6] A liquid consumption condition detecting element is a liquid consumption condition detector according to claim 1 to 5 characterized by measuring the frequency of the back EMF signal.

[Claim 7] A liquid consumption condition detecting element is a liquid consumption condition detector according to claim 6 characterized by measuring the frequency of the back EMF signal based on the numeric value which has the counter which measures the count of vibration of the predetermined time of the back EMF signal, and was measured by the counter concerned.

[Claim 8] A liquid consumption condition detecting element is a liquid consumption condition detector according to claim 6 characterized by measuring the frequency of the back EMF signal based on the time amount which has the clock counter for the back EMF signal to measure time amount while only the count of predetermined vibrates, and was measured by the clock counter concerned.

[Claim 9] The part exposed to the liquid hold space of the oscillating section is a liquid consumption condition detector according to claim 1 to 8 characterized by seeing from a liquid hold space side and having become a symmetrical configuration.

[Claim 10] A piezoelectric device is a liquid consumption condition detector according to claim 9 characterized by being a location based on [ of the part exposed to the liquid hold space of the oscillating section ] abbreviation, and fixing the liquid hold space side of the oscillating section concerned to the opposite side.

[Claim 11] The part exposed to the liquid hold space of the oscillating section is a liquid consumption condition detector according to claim 9 or 10 which sees from a liquid hold

space side and is characterized by being circular.

[Claim 12] The oscillating direction of a piezoelectric device is a liquid consumption condition detector according to claim 1 to 11 characterized by being an abbreviation perpendicular to the part exposed to the liquid hold space of the oscillating section.

[Claim 13] The part exposed to the liquid hold space of the oscillating section is a liquid consumption condition detector according to claim 1 to 12 characterized by having lyophilic [ over said liquid ].

[Claim 14] The liquid consumption condition detector according to claim 13 characterized by preparing the cavity section which has lyophilic [ over said liquid ] so that the perimeter of the part exposed to the liquid hold space of the oscillating section may be surrounded.

[Claim 15] While at least a part is exposed to the hold space in which the wall which divides the hold space for holding a liquid possible [ re-restoration ], and the liquid in which re-restoration is possible are held While it is possible to vibrate the oscillating section based on the oscillating section which can vibrate, and a driving signal to the hold space concerned It is the liquid container which is equipped with the piezoelectric device which generates the back EMF signal by vibration of the oscillating section, and is characterized by for hold space being held by only the specified quantity in a liquid, and preparing the oscillating section near the oil level at the time of liquid hold of said specified quantity of hold space.

[Claim 16] While at least a part is exposed to the hold space in which the wall which divides the hold space for holding a liquid possible [ re-restoration ], and the liquid in which re-restoration is possible are held While it is possible to vibrate the oscillating section based on the oscillating section which can vibrate, and a driving signal to the hold space concerned It has the piezoelectric device which generates the back EMF signal by vibration of the oscillating section. Hold space It is the liquid container characterized by being able to hold only the specified quantity, and for the oscillating section and a piezoelectric device boiling a liquid near the oil level at the time of a liquid exhaustion of hold space near the oil level at the time of liquid hold of said specified quantity of hold space, and being prepared, respectively.

[Claim 17] While at least a part is exposed to the hold space in which the wall which divides the hold space for holding a liquid possible [ re-restoration ], and the liquid in which re-restoration is possible are held While it is possible to vibrate the oscillating section based on the oscillating section which can vibrate, and a driving signal to the hold space concerned It is the liquid container characterized by having the piezoelectric device which generates the back EMF signal, for the oscillating section and a piezoelectric device being near the predetermined oil level of hold space, being alike the bottom of the oil level concerned the oil-level top concerned, and being prepared by vibration of the oscillating section, respectively.

[Claim 18] The part exposed to the liquid hold space of the oscillating section is a liquid container according to claim 15 to 17 characterized by having lyophilic [ over said liquid ].

[Claim 19] The field near the part exposed to the liquid hold space of the oscillating section of said wall is a liquid container according to claim 18 characterized by having lyophilic [ over said liquid ].

[Claim 20] The liquid container according to claim 18 characterized by preparing the

cavity section which has lyophilic [ over said liquid ] so that the perimeter of the part exposed to the liquid hold space of the oscillating section may be surrounded.

[Claim 21] The field which adjoins said cavity section of said wall is a liquid container according to claim 20 characterized by having lyophilic [ over said liquid ].

[Claim 22] The field which adjoins said cavity section of said wall is a liquid container according to claim 20 characterized by having lyophobic [ over said liquid ].

[Claim 23] The liquid container according to claim 15 to 22 characterized by having further the liquid consumption condition detecting element which detects a liquid consumption condition based on the back EMF signal from a piezoelectric device.

[Claim 24] The liquid container according to claim 23 characterized by having further the storage section which memorizes the liquid consumption condition detected by the liquid consumption condition detector.

[Claim 25] Liquid consumption equipment characterized by having a liquid container according to claim 23 or 24 and the liquid consumption body section which consumes the liquid which is connected to a liquid container and held in the liquid container.

[Claim 26] Liquid consumption equipment according to claim 25 characterized by having further the liquid supplement equipment with which a liquid is supplied to the hold space of a liquid container, and the supplement control section which controls liquid supplement equipment based on the liquid consumption condition of the liquid container detected by the liquid consumption condition detecting element.

[Claim 27] Liquid consumption equipment according to claim 25 or 26 characterized by having further the control circuit section which controls consumption actuation of the liquid in the liquid consumption body section based on the liquid consumption condition of the liquid container detected by the liquid consumption condition detecting element.

[Claim 28] Liquid consumption equipment according to claim 25 or 26 characterized by having the storage section which memorizes the liquid consumption condition detected by the liquid consumption condition detector, and the control circuit section which controls consumption actuation of the liquid in the liquid consumption body section based on the liquid consumption condition of the liquid container memorized by the storage section.

[Claim 29] The control unit characterized by being the control unit which controls a liquid consumption condition detector according to claim 1 to 5, giving a driving signal to a piezoelectric device, and making a liquid consumption condition detecting element detect a liquid consumption condition.

[Claim 30] The record medium which recorded the program which it performs [ program ] according to the computer system containing at least one computer, and makes said computer system realize a control unit according to claim 29 and in which computer read is possible.

[Claim 31] The record medium which recorded the program which the instruction which controls the 2nd program which operates on the computer system containing at least one computer is included [ program ], it performs [ program ] according to said computer system, and said 2nd program is controlled [ program ], and makes said computer system realize a control unit according to claim 29 and in which computer read is possible.

[Claim 32] The program which it performs [ program ] according to the computer system containing at least one computer, and makes said computer system realize a control unit according to claim 28.

[Claim 33] The program which the instruction which controls the 2nd program which operates on the computer system containing at least one computer is included [ program ], it performs [ program ] according to said computer system, and said 2nd program is controlled [ program ], and makes said computer system realize a control unit according to claim 29.

[Claim 34] The approach characterized by having the lyophilic section formation process constituted as a part which is the approach of manufacturing a liquid container according to claim 18 to 22, and has lyophilic [ as opposed to said liquid for the part exposed to the liquid hold space of the oscillating section ], and the loading process which attaches a liquid consumption condition detector in a wall after said lyophilic section formation process.

[Claim 35] The approach characterized by having the loading process which is the approach of manufacturing a liquid container according to claim 18 to 22, and attaches a liquid consumption condition detector in a wall, and the lyophilic section formation process which gives lyophilic [ over said liquid ] to the part exposed to the liquid hold space of the oscillating section after said loading process.

---

## DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] By detecting change of an acoustic impedance, this invention is divided and relates to the liquid consumption condition detector which can detect the consumption condition of liquids, such as ink, by detecting change of resonance frequency.

[0002]

[Description of the Prior Art] In the ink jet recording device, the ink jet recording head which has a pressure generating means to pressurize a pressure generating room, and the nozzle orifice which makes an ink droplet the pressurized ink and carries out the regurgitation is carried in carriage.

[0003] It consists of ink jet recording devices possible [ continuation of printing ] by continuing supplying the ink in an ink tank to a recording head through passage. The ink tank is constituted as a removable cartridge which a user can exchange easily, when ink is consumed.

[0004] Conventionally, there are an approach of software integrating the amount of ink attracted by the number of regurgitation of the ink droplet in a recording head or maintenance as a management method of ink consumption of an ink cartridge, and managing ink consumption by count, a method of managing the time of specified quantity consumption of the ink actually being carried out by attaching the electrode for oil-level detection in an ink cartridge, etc.

[0005] Although a cost-merit is high since the method of software integrating the number of regurgitation and the amount of ink of an ink droplet, and managing ink consumption on count does not need the special equipment for detection, an error may arise according to the printing gestalt in a user side etc. Moreover, gross errors may arise at the time of re-wearing of the same cartridge. Moreover, by the operating environment (for example, when it is an elevated temperature with a going too far room temperature, or low

temperature), or the elapsed time after opening of an ink cartridge, the pressure in an ink cartridge and the viscosity of ink change, and the error which cannot be disregarded between the ink consumption on count and actual consumption may arise.

[0006] As for the approach of on the other hand managing the time of ink being consumed with an electrode, the amount of real of ink is detectable. For this reason, an ink residue is manageable with high dependability. However, since it depends for detection of the oil level of ink on the conductivity of ink, the class of detectable ink is limited or the seal structure of an electrode may be complicated. Moreover, as an ingredient of an electrode, since noble metals also with high corrosion resistance with sufficient conductivity are used, the manufacturing cost of an ink cartridge usually increases. Furthermore, since it is necessary to equip with two electrodes, a production process will increase and a manufacturing cost will increase as a result.

[0007]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] The application for patent No. 147052 [ 2000 to ] is indicating the piezoelectric device and module object which could detect the liquid residue correctly and made complicated seal structure unnecessary and with which a liquid container is equipped that the above-mentioned technical problem should be solved. Moreover, the application for patent No. 146966 [ 2000 to ] is indicating the detection control circuit which may be used for such a piezoelectric device and a module object.

[0008] Since a piezoelectric device or a module object given in the above-mentioned issue can detect the existence of an oil level, it is applicable not only to the end detection in liquid consumption but the full detection at the time of a liquid restoration activity.

[0009] This invention is made in consideration of such a point, and aims at offering the liquid consumption condition detector which can utilize detection of a liquid consumption condition more effectively.

[0010]

[Means for Solving the Problem] While at least a part exposes this invention to the hold space in which the liquid in which re-restoration is possible is held While it is possible to vibrate the oscillating section based on the oscillating section which can vibrate, and a driving signal to the hold space concerned It has the liquid consumption condition detecting element which detects a liquid consumption condition based on the back EMF signal from the piezoelectric device which generates the back EMF signal, and a piezoelectric device by vibration of the oscillating section. Hold space Only the specified quantity can be held in a liquid and it is the liquid consumption condition detector characterized by preparing the oscillating section near the oil level at the time of liquid hold of said specified quantity of hold space.

[0011] According to this invention, the so-called detection of the "full" condition of hold space may be realized with high dependability. This invention is especially effective for a liquid supplement activity which makes hold space a "full" condition.

[0012] Or while at least a part exposes this invention to the hold space in which the liquid in which re-restoration is possible is held While it is possible to vibrate the oscillating section based on the oscillating section which can vibrate, and a driving signal to the hold space concerned It has the liquid consumption condition detecting element which detects a liquid consumption condition based on the back EMF signal from the piezoelectric device which generates the back EMF signal, and a piezoelectric device by vibration of

the oscillating section. Hold space It is the liquid consumption condition detector characterized by being able to hold only the specified quantity, and for the oscillating section and a piezoelectric device boiling a liquid near the oil level at the time of a liquid exhaustion of hold space near the oil level at the time of liquid hold of said specified quantity of hold space, and being prepared, respectively.

[0013] According to this invention, the so-called detection of the "full" condition of hold space, "liquid, and" condition may be realized with high dependability. After this invention detects a "liquid end", it is especially effective for a liquid supplement activity which makes hold space a "full" condition.

[0014] Or while at least a part exposes this invention to the hold space in which the liquid in which re-restoration is possible is held While it is possible to vibrate the oscillating section based on the oscillating section which can vibrate, and a driving signal to the hold space concerned It has the liquid consumption condition detecting element which detects a liquid consumption condition based on the back EMF signal from the piezoelectric device which generates the back EMF signal, and a piezoelectric device by vibration of the oscillating section, and the oscillating section and a piezoelectric device are near the predetermined oil level of hold space. It is the liquid consumption condition detector characterized by being alike the oil-level top concerned the bottom of the oil level concerned, and being prepared, respectively.

[0015] According to this invention, it may be detected with dependability with whether high it exists in the predetermined area where the oil level in hold space is specified by 2 sets of oscillating sections. This invention is especially effective, when oil-level level should be maintained to abbreviation regularity and the head of a liquid should be maintained to abbreviation regularity.

[0016] A liquid consumption condition detecting element measures the frequency of for example, the back EMF signal. Since the frequency of the back EMF signal is equivalent to the resonance frequency of the matter in hold space, it can detect a liquid consumption condition simply and correctly by this.

[0017] The liquid consumption condition detecting element has the counter which measures the count of vibration of the predetermined time of the back EMF signal, and, specifically, measures the frequency of the back EMF signal based on the numeric value measured by the counter concerned.

[0018] Or the liquid consumption condition detecting element has the clock counter for the back EMF signal to measure time amount while only the count of predetermined vibrates, and measures the frequency of the back EMF signal based on the time amount measured by the clock counter concerned.

[0019] In addition, preferably, the part exposed to the liquid hold space of the oscillating section is seen from a liquid hold space side, and serves as a symmetrical configuration. And preferably, a piezoelectric device is a location based on [ of the part exposed to the liquid hold space of the oscillating section ] abbreviation, and is being fixed to the opposite side with the liquid hold space side of the oscillating section concerned.

[0020] Especially the part preferably exposed to the liquid hold space of the oscillating section is seen from a liquid-container inside side, and is circular.

[0021] Moreover, the oscillating direction of a piezoelectric device serves as an abbreviation perpendicular preferably to the part exposed to the liquid hold space of the oscillating section.

[0022] Moreover, the part exposed to the liquid hold space of the oscillating section has lyophilic [ over said liquid ] preferably. In this case, the incorrect detection by a liquid adhering to the part concerned can be prevented.

[0023] Furthermore, it is desirable that the cavity section which has lyophilic [ over said liquid ] is prepared so that the perimeter of the part exposed to the liquid hold space of the oscillating section may be surrounded. In this case, the condition that the liquid exists in the cavity section concerned, and the liquid does not exist in the outside of the cavity section concerned can be set up as a threshold of a liquid consumption condition judging. In this case, the precision of a liquid consumption condition judging improves.

[0024] In addition, the liquid container (for example, ink cartridge) equipped with the liquid consumption condition detector which has either of the above descriptions, and the wall which divides the hold space for holding a liquid is also a candidate for protection in this case. Moreover, the liquid container with which the liquid consumption condition detecting element was prepared out of the container is also a candidate for protection in this case.

[0025] Namely, while at least a part is exposed to the hold space in which the wall which divides the hold space for holding a liquid possible [ re-restoration ], and the liquid in which re-restoration is possible are held While it is possible to vibrate the oscillating section based on the oscillating section which can vibrate, and a driving signal to the hold space concerned The liquid container characterized by having the piezoelectric device which generates the back EMF signal, and for hold space being held by only the specified quantity in a liquid, and preparing the oscillating section by vibration of the oscillating section near the oil level at the time of liquid hold of said specified quantity of hold space is also a candidate for protection in this case.

[0026] Moreover, while at least a part is exposed to the hold space in which the wall which divides the hold space for holding a liquid possible [ re-restoration ], and the liquid in which re-restoration is possible are held While it is possible to vibrate the oscillating section based on the oscillating section which can vibrate, and a driving signal to the hold space concerned It has the piezoelectric device which generates the back EMF signal by vibration of the oscillating section. Hold space The liquid container characterized by being able to hold only the specified quantity, and for the oscillating section and a piezoelectric device boiling a liquid near the oil level at the time of a liquid exhaustion of hold space near the oil level at the time of liquid hold of said specified quantity of hold space, and being prepared, respectively is also a candidate for protection in this case.

[0027] Moreover, while at least a part is exposed to the hold space in which the wall which divides the hold space for holding a liquid possible [ re-restoration ], and the liquid in which re-restoration is possible are held While it is possible to vibrate the oscillating section based on the oscillating section which can vibrate, and a driving signal to the hold space concerned The liquid container characterized by having the piezoelectric device which generates the back EMF signal, for the oscillating section and a piezoelectric device being near the predetermined oil level of hold space, being alike the bottom of the oil level concerned the oil-level top concerned, and being prepared by vibration of the oscillating section, respectively is also a candidate for protection in this case.

[0028] A liquid container may have further the liquid consumption condition detecting element which detects a liquid consumption condition based on the back EMF signal from a piezoelectric device.

[0029] In this case, as for a liquid container, it is desirable to have further the storage section which memorizes the liquid consumption condition detected by the liquid consumption condition detector.

[0030] Moreover, as for the field near the part exposed to the liquid hold space of the oscillating section of said wall, it is desirable to have lyophilic [ over said liquid ].

[0031] When the cavity section which has lyophilic [ over said liquid ] is prepared so that the perimeter of the part especially exposed to the liquid hold space of the oscillating section may be surrounded, it is desirable that the field which adjoins said cavity section of said wall has lyophilic [ over said liquid ]. Thereby, liquid adhesion which covers the whole cavity section is prevented.

[0032] Or when the cavity section which has lyophilic [ over said liquid ] is prepared so that the perimeter of the part exposed to the liquid hold space of the oscillating section may be surrounded, it may be desirable conversely in the point of the precision of a liquid consumption condition judging that the field which adjoins said cavity section of said wall has lyophobic [ over said liquid ].

[0033] In addition, the approach equipped with the lyophilic section formation process constituted as a part which has lyophilic [ as opposed to said liquid for the part exposed to the liquid hold space of the oscillating section as the manufacture approach of a liquid container of having the lyophilic section ], and the loading process which attaches a liquid consumption condition detector in a wall after said lyophilic section formation process is desirable. Or the approach equipped with the loading process which attaches a liquid consumption condition detector in a wall, and the lyophilic section formation process which gives lyophilic [ over said liquid ] to the part exposed to the liquid hold space of the oscillating section after said loading process is desirable.

[0034] Furthermore, liquid consumption equipment (for example, ink jet recording device) equipped with the liquid consumption body section which consumes the liquid container which has the above descriptions, and the liquid which is connected to a liquid container and held in the liquid container is also a candidate for protection in this case.

[0035] In this case, as for liquid consumption equipment, it is desirable to have further the liquid supplement equipment with which a liquid is supplied to the hold space of a liquid container, and the supplement control section which controls liquid supplement equipment based on the liquid consumption condition of the liquid container detected by the liquid consumption condition detecting element.

[0036] Moreover, as for liquid consumption equipment, it is desirable to have further the control circuit section which controls consumption actuation of the liquid in the liquid consumption body section based on the liquid consumption condition of the liquid container detected by the liquid consumption condition detecting element.

[0037] Or as for liquid consumption equipment, it is desirable to have further the storage section which memorizes the liquid consumption condition detected by the liquid consumption condition detector, and the control circuit section which controls consumption actuation of the liquid in the liquid consumption body section based on the liquid consumption condition of the liquid container memorized by the storage section.

[0038] Furthermore, it is the control unit which controls the liquid consumption condition detector which has either of the above descriptions, and the control unit characterized by giving a driving signal to a piezoelectric device and making a liquid consumption condition detecting element detect a liquid consumption condition is also a candidate for



protection in this case.

[0039] Each element means of the aforementioned control unit or a control unit may be realized by the computer system.

[0040] Moreover, the record medium which recorded the program and the program concerned for realizing each equipment or each means on the computer system and in which computer read is possible is also a candidate for protection in this case.

[0041] Here, although it can be recognized as a record medium as simple substances, such as a floppy (trademark) disk, the network which makes others and various signals spread is also included.

[0042]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, this invention is explained to a detail through the gestalt of implementation of invention. Not all the combination of the description of the following operation gestalten that do not limit invention concerning a claim and are explained in the operation gestalt is necessarily indispensable for the solution means of invention.

[0043] The underlying concept of this invention is using an oscillating phenomenon, and is detecting the condition (the existence of the liquid in a liquid container, the amount of a liquid, the water level of a liquid, the class of liquid, and the presentation of a liquid being included) of the liquid in a liquid container.

[0044] Some approaches can be considered as the concrete detection approach of the condition of the liquid in the liquid container using an oscillating phenomenon. For example, an elastic wave is generated to the interior of a liquid container with an elastic wave generating means, and there is a method of detecting the medium in a liquid container and change of the condition by receiving the reflected wave reflected with an oil level or the wall which counters. Moreover, there is also the approach of detecting change of an acoustic impedance from the oscillation characteristic of the vibrating body.

[0045] There is the approach of detecting change of an acoustic impedance by detecting resonance frequency or the back EMF wave amplitude by vibrating the oscillating section of the piezoelectric device or actuator which has a piezoelectric device as an approach of using change of an acoustic impedance, and measuring after that back EMF produced by the residual vibration which remains in the oscillating section. Or the impedance characteristic or admittance property of a liquid is measured with impedance analyzers, such as a measurement machine, for example, a propagation circuit etc., and there is the approach of measuring change by the frequency of the current value when giving a current value, an electrical-potential-difference value change, or vibration to a liquid or an electrical-potential-difference value.

[0046] Hereafter, the detail of the principle of operation of a piezoelectric device or an actuator is explained. Drawing 1 and drawing 2 show the detail and equal circuit of an actuator 106 which are 1 operation gestalt of a piezoelectric device.

[0047] This actuator 106 detects change of an acoustic impedance at least, and is used for the approach of detecting the consumption condition of the liquid in a liquid container. Change of an acoustic impedance is detected by detecting resonance frequency by residual vibration especially, and it is used for the approach of detecting the consumption condition of the liquid in a liquid container.

[0048] Drawing 1 (A) is the expansion top view of an actuator 106. Drawing 1 (B) shows the B-B cross section of an actuator 106. Drawing 1 (C) shows the C-C cross section of

an actuator 106. Furthermore, drawing 2 (A) and drawing 2 (B) show the equal circuit of an actuator 106. Moreover, drawing 2 (C) and drawing 2 (D) show the circumference containing the actuator 106 when ink is filled in the ink cartridge, respectively, and its equal circuit, and drawing 2 (E) and drawing 2 (F) show the circumference containing the actuator 106 in case there is no ink into an ink cartridge, respectively, and its equal circuit.

[0049] The substrate 178 with which an actuator 106 has the opening 161 of a circle configuration in the center mostly, The diaphragm 176 arranged in one field (henceforth a front face) of a substrate 178 so that opening 161 may be covered, The piezo-electric layer 160 arranged at the front-face side of a diaphragm 176, and the up electrode 164 and the lower electrode 166 which inserts the piezo-electric layer 160 from both, It has the auxiliary electrode 172 which is arranged between the up electrode terminal 168 electrically combined with the up electrode 164, the lower electrode terminal 170 electrically combined with the lower electrode 166, and the up electrode 164 and the up electrode terminal 168, and combines both electrically.

[0050] The piezo-electric layer 160, the up electrode 164, and the lower electrode 166 have a circular part as each principal part. And each circular part of the piezo-electric layer 160, the up electrode 164, and the lower electrode 166 forms the piezoelectric device.

[0051] A diaphragm 176 is formed in the front face of a substrate 178 so that opening 161 may be covered.

[0052] A cavity 162 is formed of opening 161, the part of the facing diaphragm 176, and the opening 161 of a substrate 178. With the piezoelectric device, the field (henceforth a rear face) of the substrate 178 of the opposite side faces the method of the inside of a liquid container. Thereby, the cavity 162 is constituted so that a liquid may be contacted. in addition, even if a liquid enters in a cavity 162, a liquid does not leak to the front-face side of a substrate 178 -- as -- a diaphragm 176 -- a substrate 178 -- receiving -- liquid -- it is attached densely.

[0053] The lower electrode 166 is located in the front face (a liquid container is the field of the opposite side) of a diaphragm 176. The core of a circular part and the core of opening 161 which are the principal part of the lower electrode 166 are attached so that it may be mostly in agreement. In addition, the area of the circular part of the lower electrode 166 is set up so that it may become smaller than the area of opening 161.

[0054] On the other hand, the piezo-electric layer 160 is arranged at the front-face side of the lower electrode 166 so that the core of the circular part and the core of opening 161 may be mostly in agreement (formation). In this case, the area of the circular part of the piezo-electric layer 160 is set up so that it may become larger than the area of the circular part of the lower electrode 166 smaller than the area of opening 161.

[0055] On the other hand, it is arranged at the front-face side of the piezo-electric layer 160 so that the core of a circular part and the core of opening 161 that the up electrode 164 is the principal part may be mostly in agreement (formation). The area of the circular part of the up electrode 164 is set up so that it may become larger than the area of the circular part of the lower electrode 166 smaller than the area of the circular parts of opening 161 and the piezo-electric layer 160.

[0056] Therefore, the principal part of the piezo-electric layer 160 has structure inserted and crowded from a front-face and rear-face side, respectively by the principal part of the

up electrode 164, and the principal part of the lower electrode 166. Thereby, the deformation drive of the piezo-electric layer 160 may be carried out effectively. The circular part which is each principal part of the piezo-electric layer 160, the up electrode 164, and the lower electrode 166 forms the piezoelectric device in an actuator 106.

[0057] As mentioned above, such a piezoelectric device is in contact with the diaphragm 176. Moreover, opening 161 has the largest area among the circular parts of the circular parts of the circular part of the up electrode 164, and the piezo-electric layer 160, and the lower electrode 166, and opening 161. The oscillating field which actually vibrates among diaphragms 176 for such structure is determined by opening 161.

[0058] Moreover, a diaphragm 176 is easier to vibrate according to each area of the circular parts of the circular part of the up electrode 164 and the piezo-electric layer 160 and the circular part of the lower electrode 166 being smaller than the area of opening 161.

[0059] Furthermore, the circular part of the lower electrode 166 is smaller among the circular part of the lower electrode 166 electrically connected with the piezo-electric layer 160, and the circular part of the up electrode 164. Therefore, the circular part of the lower terminal 166 determines the part which generates the piezo-electric effect among the piezo-electric layers 160.

[0060] The core of the circular parts of the piezo-electric layer 160 which forms a piezoelectric device, the up electrode 164, and the lower electrode 166 corresponds with the core of opening 161 mostly. moreover, the core of the opening 161 of a circle configuration of determining the vibrating part of a diaphragm 176 -- the whole of an actuator 106 -- it is mostly located at the core. Therefore, the core of the oscillating section of an actuator 106 is mostly in agreement with the core of an actuator.

[0061] Furthermore, since the principal piece of a piezoelectric device and the vibrating part of a diaphragm 176 have a circular configuration, the oscillating section of an actuator 106 is a symmetrical configuration to the core of an actuator 106.

[0062] To the core of an actuator 106, since the oscillating section is a symmetrical configuration, it does not excite an unnecessary vibration which may be produced from the asymmetry of structure. For this reason, the detection precision of resonance frequency improves.

[0063] Furthermore, since the oscillating section is a symmetrical configuration to the core of an actuator 106, manufacture is easy and can make small dispersion in the configuration for every piezoelectric device. Therefore, dispersion in the resonance frequency for every piezoelectric device becomes small.

[0064] Moreover, since the oscillating section is circular (isotropic configuration), in the case of adhesion, it is hard to be influenced of dispersion in immobilization, and a liquid container can be pasted equally. That is, the mounting nature to the liquid container of an actuator 106 is good.

[0065] Furthermore, since it has a configuration with the circular vibrating part of a diaphragm 176, in the resonance mode of the residual vibration of the piezo-electric layer 160, the resonance mode of a low degree, for example, primary, becomes dominant. That is, a single peak appears in the resonance mode of residual vibration. Therefore, since a peak and a noise are clearly distinguishable, the resonance frequency of residual vibration is detectable with a sufficient precision.

[0066] Moreover, by enlarging area of the vibrating part of the diaphragm 176 of a

circular configuration, the rate of change of the resonance frequency by the existence of the back EMF wave amplitude and a liquid becomes large, and the precision of detection of resonance frequency can be improved further.

[0067] An actuator 106 has the two-layer structure of the small (it is hard to displace by vibration) substrate 178 of compliance, and the large (it is easy to displace by vibration) diaphragm 176 of compliance. The variation rate of a diaphragm 176 can be enlarged according to this two-layer structure, certainly being fixed to a liquid container by the substrate 178. For this reason, the rate of change of the resonance frequency by the existence of the back EMF wave amplitude and a liquid becomes large, and the precision of detection of resonance frequency can be improved.

[0068] Furthermore, since the compliance of a diaphragm 176 is large, attenuation of vibration becomes small and the precision of detection of resonance frequency can be improved.

[0069] Moreover, the knot of vibration of an actuator 106 is located the periphery section of a cavity 162, i.e., near the edge of opening 161.

[0070] The up electrode terminal 168 is formed in the front-face side of a diaphragm 176 so that it may connect with the up electrode 164 electrically through an auxiliary electrode 172. On the other hand, the lower electrode terminal 170 is formed in the front-face side of a diaphragm 176 so that it may connect with the lower electrode 166 electrically. Since the up electrode 164 is formed in the front-face side of the piezo-electric layer 160, it needs to have a level difference equal to the sum of the thickness of the piezo-electric layer 160, and the thickness of the lower electrode 166 while connecting with the up electrode terminal 168. It is difficult to form this level difference only with the up electrode 164. Even if it is possible to form a level difference in a loan only with the up electrode 164, the connection condition of the up electrode 164 and the up electrode terminal 168 becomes weak, and there is risk of cutting. Then, the up electrode 164 and the up electrode terminal 168 are connected, using an auxiliary electrode 172 as an auxiliary member. It becomes possible for the piezo-electric layer 160 and the up electrode 164 to serve as structure supported by the auxiliary electrode 172, and to be able to obtain a desired mechanical strength, and to ensure connection between the up electrode 164 and the up electrode terminal 168 by doing in this way.

[0071] In addition, the oscillating field which faces a piezoelectric device and the piezoelectric device of the diaphragms 176 is the oscillating section which actually vibrates in an actuator 106. Moreover, as for the member contained in an actuator 106, being formed in one is desirable by being calcinated mutually. By forming an actuator 106 in one, the handling of an actuator 106 becomes easy.

[0072] Furthermore, an oscillation characteristic may improve by raising the reinforcement of a substrate 178. That is, by raising the reinforcement of a substrate 178, only the oscillating section of an actuator 106 vibrates and any parts other than the oscillating section do not vibrate among actuators 106. Moreover, in order for any parts other than the oscillating section of an actuator 106 not to vibrate, while making the piezoelectric device of an actuator 106 thinly and small in addition to raising the reinforcement of a substrate 178, it is also effective to make a diaphragm 176 thin.

[0073] It is desirable to use PZT (PZT), the PZT lanthanum (PLZT), or the lead loess piezoelectric film that does not use lead as an ingredient of the piezo-electric layer 160. As an ingredient of a substrate 178, it is desirable to use a zirconia or an alumina.

Moreover, it is desirable to use the same ingredient as a substrate 178 for a diaphragm 176. Metals, such as the ingredient which has conductivity, for example, gold, silver, copper, platinum, aluminum, and nickel, can be used for the up electrode 164, the lower electrode 166, the up electrode terminal 168, and the lower electrode terminal 170.

[0074] The actuator 106 constituted as mentioned above is applicable to the container which holds a liquid. For example, the container which held the penetrant remover for washing the ink cartridge and ink tank which are used for an ink jet recording apparatus, or a recording head can be equipped.

[0075] The predetermined location of a liquid container is equipped with the actuator 106 shown in drawing 1 and drawing 2 so that the liquid with which a cavity 162 is held in a liquid container may be contacted. When the liquid is fully held in the liquid container, the inside of a cavity 162 and its outside are filled by the liquid.

[0076] If the liquid of a liquid container is consumed and an oil level descends below to the stowed position of an actuator, or it will be in the condition that a liquid does not exist in a cavity 162, on the other hand, a liquid remains only in a cavity 162 and it will be in the condition that a gas exists on the outside.

[0077] An actuator 106 detects the difference of an acoustic impedance as it is [originating in change of this condition, and ] few. By it, an actuator 106 can detect whether it is in the condition that the liquid is fully held in the liquid container, or it is in the condition that a certain liquid more than fixed was consumed. Furthermore, an actuator 106 can also detect the class of liquid in a liquid container.

[0078] Here, the principle of the oil-level detection by the actuator is explained. In order to detect change of the acoustic impedance of a medium, the impedance characteristic or admittance property of a medium is measured. A propagation circuit can be used when measuring an impedance characteristic or an admittance property. A propagation circuit impresses the periodic electrical potential difference of the fixed amplitude to a medium, and measures the current which changes the frequency and flows to a medium. Or a propagation circuit supplies the periodic current of the fixed amplitude to a medium, changes the frequency, and measures the electrical potential difference of a medium. The current value or electrical-potential-difference value change measured by the propagation circuit shows change of an acoustic impedance. Moreover, change of the frequency  $f_m$  from which a current value or an electrical-potential-difference value serves as the maximum or the minimum also shows change of an acoustic impedance.

[0079] Apart from the above-mentioned approach, an actuator 106 can detect change of the acoustic impedance of a liquid using change of resonance frequency. Resonance frequency is detectable by measuring back EMF produced by the residual vibration which remains in the oscillating section, after the oscillating section of an actuator vibrates. The above piezoelectric devices can be used in this case.

[0080] The aforementioned piezoelectric device generates back EMF by the residual vibration which remains in the oscillating section of an actuator. The magnitude of back EMF changes with the amplitude of the oscillating section of an actuator. Therefore, detection is so easy that the amplitude of the oscillating section of an actuator is large. Moreover, the period from which the magnitude of back EMF changes changes with the frequency of the residual vibration in the oscillating section of an actuator. That is, the frequency of the oscillating section of an actuator is equivalent to the frequency of back EMF. Here, resonance frequency says the frequency in the resonance state with the

medium which touches the oscillating section and the oscillating section of an actuator.

[0081] In order to obtain resonance frequency  $f_s$ , the Fourier transform of the wave acquired by the back EMF measurement in case the oscillating section and a medium are the resonance state is carried out. Since vibration of an actuator is accompanied not by deformation of only an one direction but by various deformation, such as a deflection and expanding, it has various frequencies including resonance frequency  $f_s$ . Therefore, the Fourier transform of the wave of back EMF in case a piezoelectric device (oscillating section) and a medium are the resonance state is carried out, and resonance frequency  $f_s$  is judged by specifying the most dominant frequency component.

[0082] In the frequency  $f_m$  at the time of being the minimum, the admittance of a medium changes in the maximum or an impedance slightly to resonance frequency  $f_s$  with dielectric loss or mechanical losses of a medium etc. However, since time and effort is taken, generally deriving resonance frequency  $f_s$  from the frequency  $f_m$  surveyed uses a frequency  $f_m$  instead of resonance frequency  $f_s$ . Here, an actuator 106 can detect an acoustic impedance at least in inputting the output of an actuator 106 into a propagation circuit.

[0083] In addition, it is proved by experiment by measuring the approach of measuring the impedance characteristic or admittance property of a medium, and measuring a frequency  $f_m$ , and back EMF produced by the residual vibration in the oscillating section of an actuator that there is almost no difference in the approach of measuring resonance frequency  $f_s$  and the resonance frequency specified as be alike.

[0084] The oscillating field of an actuator 106 is a part which constitutes the cavity 162 determined by opening 161 among diaphragms 176. When the liquid is fully held in the liquid container, in a cavity 162, a liquid is filled and the oscillating field touches the liquid in a liquid container. On the other hand, when there is no enough liquid into a liquid container, an oscillating field does not contact a liquid in contact with the liquid which remained in the cavity in a liquid container, but contacts a gas or a vacuum.

[0085] In the actuator 106 of this invention, the reason for having formed the cavity 162 is as follows.

[0086] Although there is an oil level of the liquid in a liquid container caudad depending on [ stowed position / of an actuator ] whenever [ installation location / to the liquid container of an actuator 106 /, or setting-angle ], a liquid may adhere to the oscillating field of an actuator. In detecting the existence of a liquid only from the existence of the liquid in an oscillating field, the liquid which adheres to the oscillating field of an actuator in this way bars exact detection of the existence of a liquid.

[0087] for example, the time of the condition that there is an oil level caudad rather than the stowed position of an actuator -- both-way migration of carriage etc. -- a liquid container -- rocking -- a liquid -- a wave -- inside, if a drop adheres to an oscillating field, an actuator will make a judgment which if liquids of enough are in a liquid container mistook.

[0088] So, in an actuator 106, even if it is the case where the liquid remains to the oscillating field and an oil level is [ a liquid container rocks and ] choppy by preparing a cavity positively so that the existence of a liquid may be detected correctly, malfunction of an actuator can be prevented. Thus, malfunction can be prevented by using the actuator which has a cavity.

[0089] Moreover, as shown in drawing 2 (E), there is no liquid into a liquid container and

let the case where the liquid remains in the cavity 162 of an actuator 106 be the threshold of the existence of a liquid. That is, there is no liquid around a cavity 162 and it judges that he has no ink when there are few liquids in a cavity than this threshold, a liquid is around a cavity 162, and when there are more liquids than this threshold, it is judged as those with ink.

[0090] For example, when the side attachment wall of a liquid container is equipped with an actuator 106, the case where the liquid in a liquid container is below the stowed position of an actuator is judged to have no ink, and the case where the liquid in a liquid container is above the stowed position of an actuator is judged to be those with ink.

[0091] Thus, by setting up a threshold, even if it is a time of the ink in a cavity drying and ink being lost, it can judge that he has no ink, and even if ink adheres to a cavity again in the shake of carriage etc. at the place whose ink in a cavity was lost, it can be judged that he has no ink (since a threshold is not exceeded).

[0092] Here, the actuation and the principle which detect the condition of the liquid in a liquid container are explained from the resonance frequency of the medium and the oscillating section of an actuator 106 which are obtained by measurement of back EMF, referring to drawing 1 and drawing 2.

[0093] In an actuator 106, an electrical potential difference is impressed to the up electrode 164 and the lower electrode 166 through the up electrode terminal 168 and the lower electrode terminal 170, respectively. For this reason, electric field arise into the part pinched by the up electrode 164 and the lower electrode 166 among the piezo-electric layers 160. The piezo-electric layer 160 deforms by this electric field. When the piezo-electric layer 160 deforms, the oscillating field of the diaphragms 176 oscillates flexurally. After the piezo-electric layer 160 deforms, flexural oscillation remains in the oscillating section of an actuator 106 for the time being.

[0094] Residual vibration is the free vibration of the oscillating section of an actuator 106, and a medium. Therefore, the resonance state of the oscillating section after impressing an electrical potential difference, and a medium can be easily acquired by making into pulse shape or a square wave the electrical potential difference impressed to the piezo-electric layer 160. Residual vibration is vibration of the oscillating section of an actuator 106, and is accompanied by deformation of the piezo-electric layer 160. For this reason, the piezo-electric layer 160 generates back EMF. This back EMF is detected through the up electrode 164, the lower electrode 166, the up electrode terminal 168, and the lower electrode terminal 170. Resonance frequency can be specified according to detected back EMF. Based on this resonance frequency, the condition of the liquid in a liquid container is detectable.

[0095] Generally, it is resonance frequency  $f_s$ .  $f_s = 1 / (2 \pi \sqrt{M \times Cact})$  (formula 1)  
It is come out and expressed. Here, M is the sum of the inertance Mact of the oscillating section, and addition inertance M'. Cact is the compliance of the oscillating section.

[0096] Drawing 1 (C) is the sectional view of the actuator 106 when ink does not remain in a cavity 162 in this example. Drawing 2 (A) and drawing 2 (B) are the oscillating section of the actuator 106 when ink does not remain in a cavity, and the equal circuit of a cavity 162.

[0097] Mact should \*\* the product of the thickness of the oscillating section, and the consistency of the oscillating section in the area of the oscillating section, and should show it to a detail at drawing 2 (A).  $Mact = Mpzt + Melectrode1 + Melectrode2 + Mvib$

(formula 2)

It is expressed.

[0098] Here,  $M_{pzt}$  \*\* the product of the thickness of the piezo-electric layer 160 and the consistency of the piezo-electric layer 160 in the oscillating section in the area of the piezo-electric layer 160.  $M_{electrode1}$  \*\* the product of the thickness of the up electrode 164 and the consistency of the up electrode 164 in the oscillating section in the area of the up electrode 164.  $M_{electrode2}$  \*\* the product of the thickness of the lower electrode 166 and the consistency of the lower electrode 166 in the oscillating section in the area of the lower electrode 166.  $M_{vib}$  \*\* the product of the thickness of a diaphragm 176 and the consistency of a diaphragm 176 in the oscillating section in the area of the oscillating field of a diaphragm 176.

[0099] However, although each area of the oscillating field of the piezo-electric layer 160, the up electrode 164, the lower electrode 166, and a diaphragm 176 has the above size relation so that  $M_{act}$  can be computed from the thickness, the consistency, and area as the whole oscillating section, the minute thing of the difference of a mutual area is desirable.

[0100] Moreover, as for parts other than the circular part which are those principal parts, in this example, it is desirable in the piezo-electric layer 160, the up electrode 164, and the lower electrode 166 that it is so minute that it can ignore to the principal part. Therefore, in an actuator 106,  $M_{act}$  is the sum of each inertance of the up electrode 164, the lower electrode 166, the piezo-electric layer 160, and the oscillating field of the diaphragms 176. Moreover, Compliance  $C_{act}$  is the compliance of the part formed of the up electrode 164, the lower electrode 166, the piezo-electric layer 160, and the oscillating field of the diaphragms 176.

[0101] In addition, although drawing 2 (A), drawing 2 (B), drawing 2 (D), and drawing 2 (F) show the oscillating section of an actuator 106, and the equal circuit of a cavity 162, in these equal circuits,  $C_{act}$  shows the compliance of the oscillating section of an actuator 106.  $C_{pzt}$ ,  $C_{electrode1}$  and  $C_{electrode2}$ , and  $C_{vib}$  show the compliance of the piezo-electric layer 160 in the oscillating section, the up electrode 164, the lower electrode 166, and a diaphragm 176, respectively.  $C_{act}$  is expressed with the following formulas 3.

$$1/C_{act} = (1/C_{pzt}) + (1/C_{electrode1}) + (1/C_{electrode2}) + 1/C_{vib} \quad (\text{formula 3})$$

From a formula 2 and a formula 3, drawing 2 (A) can also be expressed like drawing 2 (B).

[0102] Compliance  $C_{act}$  expresses the volume of the medium which can be received according to the deformation when putting a pressure on an unit area. That is, Compliance  $C_{act}$  expresses the ease of carrying out of deformation.

[0103] A liquid is fully held in a liquid container and drawing 2 (C) shows the sectional view of the actuator 106 in case the liquid is filled around the oscillating field of an actuator 106. A liquid is fully held in a liquid container and  $M'_{max}$  of drawing 2 (C) expresses the maximum of an addition inertance (what \*\* (ed) the additional mass (mass which affects vibration of an oscillating field) by the square of area) in case the liquid is filled around the oscillating field of an actuator 106.  $M'_{max} = (\rho \times \pi \times r^2) \times (2 \times (2 \times k \times a)^3 / (3 \times \pi)) / (\pi \times a^2)^2$  (formula 4)

(a is [ the consistency of a medium and k of the radius of the oscillating section and  $\rho$  ] the wave numbers.) -- it is expressed.



[0104] In addition, a formula 4 is materialized when the radius  $a$  of the oscillating field of an actuator 106 is circular. Addition inertance  $M'$  is an amount which shows that the mass of the oscillating section is increasing seemingly by the medium near the oscillating section. As shown in a formula 4,  $M'_{\max}$  changes with the radius  $a$  of the oscillating section, and the consistencies  $\rho$  of a medium a lot.

[0105] Wave number  $k = 2\pi \times \text{pixfact}/c$  (formula 5)

(fact is the resonance frequency of the oscillating section.)  $c$  It is the rate of the sound which spreads the inside of  $**$  and a medium. It is expressed.

[0106] A liquid is fully held in a liquid container and drawing 2 (D) shows the oscillating section of the actuator 106 in the case of being drawing 2 (C) with which the liquid is filled around the oscillating field of an actuator 106, and the equal circuit of a cavity 162.

[0107] Although the liquid of a liquid container is consumed and drawing 2 (E) does not have a liquid around the oscillating field of an actuator 106, in the cavity 162 of an actuator 106, the sectional view of the actuator 106 when the liquid remains is shown.

[0108] A formula 4 is a formula showing the greatest inertance  $M'_{\max}$  determined from the consistency  $\rho$  of ink etc., when the liquid is filled by the liquid container. Generally addition inertance  $M'$  when the liquid a liquid is around the oscillating field of an actuator 106 on the other hand, the liquid in a liquid container being consumed and remaining in a cavity 162 is permuted by the gas or the vacuum is  $M' = \rho \times t / S$ . (formula 6)

It can express (in detail the formula 8 below-mentioned reference). Here,  $t$  is the thickness of the medium in connection with vibration.  $S$  is the area of the oscillating field of an actuator 106. case the radius  $a$  of an oscillating field is circular --  $S = \pi a^2$  it is .

[0109] Therefore, addition inertance  $M'$  follows a formula 4, when a liquid is fully held in a liquid container and the liquid is filled around the oscillating field of an actuator 106.

On the other hand, a liquid is consumed, and a formula 6 is followed when the liquid around the oscillating field of an actuator 106 is permuted by the gas or the vacuum, a liquid remaining in a cavity 162.

[0110] Here, although the liquid of a liquid container is consumed and there is no liquid around the oscillating field of an actuator 106 like drawing 2 (E), addition inertance  $M'$  when the liquid remains in the cavity 162 of an actuator 106 is made into  $M'_{\text{cav}}$  for convenience, and is distinguished from addition inertance  $M'_{\max}$  in case the liquid is filled around the oscillating field of an actuator 106.

[0111] Although the liquid of a liquid container is consumed and drawing 2 (F) does not have a liquid around the oscillating field of an actuator 106, in the cavity 162 of an actuator 106, the oscillating section of the actuator 106 in the case of being drawing 2 (E) in which the liquid remains, and the equal circuit of a cavity 162 are shown.

[0112] Here, the parameters related to the condition of a medium are the consistency  $\rho$  of a medium, and thickness [ of a medium ]  $t$  in a formula 6. When the liquid is fully held in the liquid container, a liquid contacts the oscillating section of an actuator 106. On the other hand, when the liquid is not fully held in the liquid container, a liquid remains inside a cavity or a gas or a vacuum contacts the oscillating section of an actuator 106.

The surrounding liquid of an actuator 106 is consumed and addition inertance  $M'_{\text{var}}$  in the process which shifts to  $M'_{\text{cav}}$  of drawing 2 (E) changes with the hold conditions of the liquid in a liquid container from  $M'_{\max}$  of drawing 2 (C) in connection with thickness  $t$  of the consistency  $\rho$  of a medium and a medium changing. Thereby, resonance frequency  $f_s$  also changes. Therefore, the hold condition (existence) of the liquid in a

liquid container is detectable by specifying resonance frequency  $f_s$ .

[0113] As shown in drawing 2 (E), when it considers as  $t=d$  here and  $M'_{cav}$  is expressed using a formula 6, depth  $d$  of a cavity is substituted for  $t$  of a formula 6, and it is  $M'_{cav}=\rho h d/S$ . (formula 7)

It becomes.

[0114] Moreover, if a medium is a liquid with which classes differ mutually, since a consistency  $\rho$  changes with differences in a presentation, addition inertance  $M'$  differs from resonance frequency  $f_s$ . Therefore, the class of liquid is detectable by specifying resonance frequency  $f_s$ .

[0115] Drawing 3 (A) is a graph which shows relation with the resonance frequency  $f_s$  of the amount of the ink in an ink tank, ink, and the oscillating section. Here, ink is explained as one example of a liquid. An axis of ordinate shows resonance frequency  $f_s$ , and an axis of abscissa shows the amount of ink. When an ink presentation is fixed, resonance frequency  $f_s$  rises with the fall of an ink residue.

[0116] When ink is fully held in an ink container and ink is filled around the oscillating field of an actuator 106, the maximum addition inertance  $M'_{max}$  serves as a value expressed to a formula 4. On the other hand, when ink is not filled around the oscillating field of an actuator 106, ink being consumed and a liquid remaining in a cavity 162, it is addition inertance  $M'_{var}$ . It is computed by the formula 6 based on thickness  $t$  of a medium. The process in which ink is consumed gradually is also detectable by  $t$  in a formula 6 being small in  $d$  (referring to drawing 1 (B)) of the cavity 162 of the actuator 106 with which a liquid remains since it is the thickness of the medium in connection with vibration, namely, making a substrate 178 thin enough (refer to drawing 2 (C)). Here,  $t_{ink}$  considers as the thickness of the ink in connection with vibration, and sets  $t_{ink-max}$  to  $t_{ink}$  in  $M'_{max}$ .

[0117] For example, an actuator 106 is arranged almost horizontally to the oil level of ink on the base of an ink cartridge. In this case, if ink is consumed and the oil level of ink becomes below the height of  $t_{ink-max}$  from an actuator 106,  $M'_{var}$  will change with formulas 6 gradually and resonance frequency  $f_s$  will change with formulas 1 gradually. Therefore, as long as the oil level of ink is within the limits of  $t$ , as for an actuator 106, the consumption condition of ink is detectable gradually.

[0118] Or an actuator 106 may be arranged almost perpendicularly by the side attachment wall of an ink cartridge to the oil level of ink. In this case, if ink is consumed and the oil level of ink arrives at the oscillating field of an actuator 106, addition inertance  $M'$  will decrease with the fall of water level. Thereby, resonance frequency  $f_s$  increases gradually by the formula 1. Therefore, as long as the oil level of ink is within the limits of diameter  $2a$  (refer to drawing 2 (C)) of a cavity 162, as for an actuator 106, the consumption condition of ink is detectable gradually.

[0119] The curve X of drawing 3 (A) expresses relation with the resonance frequency  $f_s$  of the amount of the ink held in the ink tank the case where the cavity 162 of the actuator 106 arranged on the base is made shallow enough, and at the time of making greatly enough or long the oscillating field of the actuator 106 arranged at the side attachment wall, ink, and the oscillating section. While the amount of the ink in an ink tank decreases, he can understand signs that the resonance frequency  $f_s$  of ink and the oscillating section changes gradually.

[0120] The case where the process in which ink is consumed gradually is detectable in a

detail is a case where both the liquids and gases from which a consistency differs mutually exist, and it is concerned with vibration, in the circumference of the oscillating field of an actuator 106 more. While liquids decrease in number, a gas increases the medium on the circumference of an oscillating field of an actuator 106, and in connection with vibration, as ink is consumed gradually.

[0121] For example, it is the case where an actuator 106 is horizontally arranged to the oil level of ink, and is tink. When smaller than tink-max, the medium in connection with vibration of an actuator 106 contains both ink and a gas. Therefore, when the condition of having become below M'max of a formula 4 is expressed with the additional mass of ink and a gas using the area S of the oscillating field of an actuator 106, it is.

$M' = M'_{air} + M'_{ink} = \rho_{air} \times t_{air} / S + \rho_{ink} \times t_{ink} / S$  (formula 8)

It becomes. Here, M'air is the inertance of air and M'ink is the inertance of ink.  $\rho_{air}$  is the consistency of air and  $\rho_{ink}$  is the consistency of ink.  $t_{air}$  is the thickness of the air in connection with vibration, and  $t_{ink}$  is the thickness of the ink in connection with vibration.

[0122] When the actuator 106 is arranged almost horizontally to the oil level of ink as liquids decrease in number among the media in connection with the vibration in the circumference of an oscillating field of an actuator 106 and a gas increases,  $t_{air}$  increases and  $t_{ink}$  decreases. By it, M'var decreases gradually and resonance frequency increases gradually. Therefore, the amount of the ink which remains in an ink tank, or the consumption of ink is detectable. In addition, in a formula 7, it is the formula of only the consistency of a liquid because the case of being so small that the consistency of air being disregarded is assumed to the consistency of a liquid.

[0123] When the actuator 106 is arranged almost perpendicularly to the oil level of ink, the media in connection with vibration of an actuator 106 are considered to be the field of only ink, and the equal circuit (not shown) of juxtaposition of the medium in connection with vibration of an actuator 106 with a gaseous field among the oscillating fields of an actuator 106. If the medium in connection with vibration of an actuator 106 sets area of the field of only ink to Sink and the medium in connection with vibration of an actuator 106 sets area of a gaseous field to Sair  $1/M' = 1/M'_{air} + 1/M'_{ink} = S_{air} / (\rho_{air} \times t_{air}) + S_{ink} / (\rho_{ink} \times t_{ink})$  (formula 9)

It becomes.

[0124] In addition, a formula 9 is applied when ink is not held at the cavity of an actuator 106. It is M'cav of M' and a formula 7 according to a formula 9 about an addition inertance in case ink is held at the cavity of an actuator 106. It is calculable with the sum.

[0125] Vibration of an actuator 106 cannot detect the process in which ink decreases in number gradually, when the actuator 106 is arranged on the base with extent with the depth slightly smaller than tink-max in which ink remains, since it changes to the depth (d) in which ink remains from the depth of tink-max. In this case, it detects that the amount of ink changed from oscillating change of the actuator in the slight amount change of ink to depth d which remains from tink-max. Moreover, it is arranged on a side face, and when the path of opening (cavity) is small, it is difficult to detect the oscillating change of ink of an actuator while passing opening, i.e., the amount of a passage process, and a liquid ink side detects a top [ opening ] or the bottom.

[0126] For example, the curve Y of drawing 3 (A) shows relation with the resonance frequency fs of the amount of the ink in the ink tank in the case of a small circular

oscillating field, ink, and the oscillating section. Between the differences  $Q$  of the amount of ink before and after the oil level of the ink in an ink tank passes through the stowed position of an actuator, signs that the resonance frequency  $f_s$  of ink and the oscillating section is changing violently are shown. From this, it is detectable in an ink tank whether ink is carrying out specified quantity survival in binary.

[0127] Since the method of detecting the existence of a liquid using an actuator 106 detects the existence of ink because a diaphragm 176 contacts a liquid and directly, compared with the approach of calculating the consumption of ink with software, its detection precision is high. Furthermore, although the approach conductivity detects the existence of ink using an electrode may be influenced according to the attaching position of the electrode to a liquid container, and the class of ink, the approach of detecting the existence of a liquid using an actuator 106 is hard to be influenced according to the attaching position of the actuator 106 to a liquid container, and the class of ink.

[0128] Furthermore, since the both sides of an oscillation and detection of the existence of a liquid can be carried out using the single actuator 106, as compared with the approach of carrying out oscillation and detection of the existence of a liquid using a different sensor, the number of the sensors attached in a liquid container can be decreased. Therefore, a liquid container can be manufactured cheaply. In addition, it is desirable that it is [ sound / which an actuator 106 generates working ] quiet by setting the oscillation frequency of the piezo-electric layer 160 as a non-audible field.

[0129] Drawing 3 (B) shows an example of relation with the resonance frequency  $f_s$  of the consistency of ink, ink, and the oscillating section. Here, ink is explained as an example of a liquid, and "ink \*\*" and "ink sky" mean two relative conditions, and do not mean the so-called ink full condition and ink, and a condition. As shown in drawing 3 (B), when an ink consistency is high, since an addition inertance becomes large, resonance frequency  $f_s$  falls. That is, resonance frequency  $f_s$  changes with classes of ink. Therefore, in case it is re-filled up with ink by measuring resonance frequency  $f_s$ , it can check whether the ink in which consistencies differed is mixed. That is, the ink tank which holds the ink in which classes differ mutually is discriminable.

[0130] Then, when the size and the configuration of a cavity are set up so that a liquid may remain in the cavity 162 of an actuator 106 even if the liquid in a liquid container is the state of the sky, the conditions which can detect the condition of a liquid correctly are explained in full detail. If the condition of a liquid can be detected when the liquid is filled in the cavity 162, an actuator 106 can detect the condition of a liquid, even if it is the case where the liquid is not filled in the cavity 162.

[0131] Resonance frequency  $f_s$  is a function of Inertance  $M$ . Inertance  $M$  is the sum of the inertance  $M_{act}$  of the oscillating section, and addition inertance  $M'$ . Here, addition inertance  $M'$  is related to the condition of a liquid. Addition inertance  $M'$  is an amount which shows that the mass of the oscillating section is increasing seemingly by the medium near the oscillating section. That is, the increment of the mass of the oscillating section by what (the inertance in connection with vibration increases) a medium is seemingly absorbed for by vibration of the oscillating section is said.

[0132] Therefore,  $M'_{cav} M'_{max}$  in a formula 4 When large, all the media absorbed seemingly are liquids which remain in a cavity 162. Therefore, it is the same as the condition that the liquid is filled in the liquid container. In this case, the medium in connection with vibration is  $M'_{max}$ . Since it does not become small, change is

undetectable even if ink is consumed.

[0133] On the other hand, when  $M'_{cav}$  is smaller than  $M'_{max}$  in a formula 4, the medium absorbed seemingly is the gas or vacuum in the liquid which remains in a cavity 162, and a liquid container. Since  $M'$  changes unlike the condition that the liquid is filled in the liquid container at this time, resonance frequency  $f_s$  changes. Therefore, an actuator 106 can detect the condition of the liquid in a liquid container.

[0134] That is, the liquid in a liquid container is the state of the sky, and when a liquid remains in the cavity 162 of an actuator 106, the conditions on which an actuator 106 can detect the condition of a liquid correctly are that  $M'_{cav}$  is smaller than  $M'_{max}$ . In addition, condition  $M'_{max} > M'_{cav}$  to which an actuator 106 can detect the condition of a liquid correctly is not concerned with the configuration of a cavity 162.

[0135] Here, it is  $M'_{cav}$ . It is the mass inertance of the liquid of a capacity almost equal to the capacity of a cavity 162. Therefore,  $M'_{max} > M'_{cav}$ . From inequality, an actuator 106 can express the conditions which can detect the condition of a liquid correctly as conditions for the capacity of a cavity 162. For example, when the radius of the opening 161 of the cavity 162 of a circle configuration is set to  $a$  and the depth of a cavity 162 is set to  $d$ , it is  $M'_{max} > \rho h \pi a^2$ . (formula 10)

It comes out. When a formula 10 is developed, it is  $a/d > 3\pi/8$ . (formula 11)

The conditions to say are searched for. Therefore, if it is the actuator 106 which has the cavity 162 which are the radius  $a$  of the opening 161 which fills a formula 11, and depth [ of a cavity 162 ]  $d$ , even if the liquid in a liquid container is the state of the sky and it is the case where a liquid remains in a cavity 162, the condition of a liquid can be detected, without incorrect-operating.

[0136] In addition, when the configuration of a cavity 162 is circular, a formula 10 and a formula 11 are restricted and are materialized. The formula of  $M'_{max}$  which corresponds when the configuration of a cavity 162 is not circular is used, and it is  $\pi a^2$  in a formula 10. If it calculates by replacing with the area, the relation between dimensions, such as width of face of a cavity and die length, and the depth can be drawn.

[0137] In addition, it can be said that the approach of measuring back EMF generated in an actuator 106 by residual vibration has detected change of an acoustic impedance at least since addition inertance  $M'$  also influences an acoustic-impedance property.

[0138] Moreover, according to this example, back EMF which an actuator 106 generates vibration and generates in an actuator 106 by subsequent residual vibration is measured. However, it is not necessarily required for the oscillating section of an actuator 106 to give vibration to a liquid by its vibration by driver voltage. That is, if it vibrates with the liquid of a certain range in contact with it even if the oscillating section does not oscillate itself, the piezo-electric layer 160 will bend and will deform. This deflection deformation generates the back EMF electrical potential difference, and transmits that back EMF electrical potential difference to the up electrode 164 and the lower electrode 166. The condition of a medium may be detected by using this phenomenon. For example, it may set to an ink jet recording apparatus, and the condition of an ink tank or the ink of the interior may be detected using vibration around the oscillating section of the actuator generated with the reciprocating motion of the carriage by the scan of the print head at the time of printing.

[0139] Drawing 4 (A), drawing 4 (B), and drawing 4 (C) show the wave of the residual vibration of an actuator 106 after vibrating an actuator 106, and the measuring method of

residual vibration. the ink in the stowed position level of the actuator 106 in an ink cartridge -- the upper and lower sides of water level are detectable with frequency change of the residual vibration after an actuator 106 oscillates, and change of the amplitude.

Drawing 4 (A) Or in drawing 4 (C), an axis of ordinate shows the electrical potential difference of back EMF generated by the residual vibration of an actuator 106, and an axis of abscissa shows time amount. By the residual vibration of an actuator 106, it is drawing 4 (A). Or as shown in drawing 4 (C), the wave of the analog signal of an electrical potential difference occurs. Next, an analog signal is changed into the digital numeric value corresponding to the frequency of a signal. In the example shown in drawing 4 (A) thru/or drawing 4 (C), the time amount which four pulses to 8 pulse eye produce from 4 pulse eye of an analog signal is measured.

[0140] More, in a detail, after an actuator 106 oscillates, the count which crosses the predetermined reference voltage set up beforehand from a low-battery side to a high-voltage side is counted. And the digital signal which set the between from four counts to eight counts to High is generated, and the time amount from four counts to eight counts is measured by the predetermined clock pulse.

[0141] Drawing 4 (A) is a wave in case a liquid ink side is in a high order rather than the stowed position level of an actuator 106. On the other hand, drawing 4 (B) is a wave in case there is no ink in the stowed position level of an actuator 106. When drawing 4 (A) is compared with drawing 4 (B), in drawing 4 (A), a \*\*\*\*\* understands the time amount from four counts to eight counts from drawing 4 (B). A paraphrase changes the time amount from four counts to eight counts by the existence of ink. The consumption condition of ink is detectable using a difference of this time amount.

[0142] After vibration of an actuator 106 is stabilized, it counts for beginning measurement from 4 count eye of an analog wave. What it was presupposed that it is from 4 count eye is a mere example, and may count from the count of arbitration. Here, the signal from 4 count eye to 8 count eye was detected, and the time amount from 4 count eye to 8 count eye is measured by the predetermined clock pulse. It can ask for resonance frequency based on this time amount. As for a clock pulse, it is desirable that it is the pulse of a clock equal to the clock for controlling the semiconductor memory attached in an ink cartridge. Moreover, there is no need of measuring the time amount to 8 count eye, and it may be counted to the count of arbitration. In drawing 4, although the time amount from 4 count eye to 8 count eye is measured, according to the circuitry which detects a frequency, the time amount in a different counting interval may be detected.

[0143] For example, when fluctuation of the amplitude of a peak is small, in order the quality of ink is stable, and to gather the rate of detection, you may ask for resonance frequency by detecting the time amount from 4 count eye to 6 count eye. Moreover, the quality of ink is unstable, and when fluctuation of the amplitude of a pulse is large, in order to detect residual vibration correctly, the time amount from 4 count eye to 12 count eye may be detected.

[0144] Moreover, the wave number of the voltage waveform of back EMF within a predetermined period may be counted as other examples (not shown). It can ask for resonance frequency also by this approach. More, after an actuator 106 oscillates, in a detail, only a predetermined period generates the digital signal which is High, and the count which crosses predetermined reference voltage from a low-battery side to a high-

voltage side in the predetermined period concerned is counted in it. The existence of ink is detectable by measuring the number of counts.

[0145] Furthermore, the back EMF wave amplitudes differ by the case where there are not a case where ink is filled in the ink cartridge, and ink into an ink cartridge so that drawing 4 (A) and drawing 4 (B) may be compared and understood. Therefore, the consumption condition of the ink in an ink cartridge may be detected by measuring the back EMF wave amplitude, without asking for resonance frequency.

[0146] Top-most vertices and drawing 4 (B) of the back EMF wave [ detail ] of drawing 4 (A) more Reference voltage is set up between the top-most vertices of the back EMF wave. When only a predetermined period generates the digital signal which is High and the back EMF wave crosses reference voltage for it in the predetermined period concerned after the actuator 106 oscillated, it is judged that there is no ink. When the back EMF wave does not cross reference voltage, it is judged that there is ink.

[0147] Drawing 4 (C) shows the example which measured the time amount from 4 count eye of the pulse shape shown in drawing 4 (A) using the predetermined clock pulse to 8 count eye. In this drawing, the clock pulse has appeared by five counts from 4 count eye before 8 count eye (in fact, although the clock pulse for 200 counts appears from 100 counts, in order to simplify explanation here, few clock pulses explain). Since a clock pulse is a pulse which has a fixed period, it can measure time amount by counting the number of a clock pulse. It can ask for resonance frequency by measuring the time amount of a before [ from 4 count eye / 8 count eye ]. When a back EMF wave-like frequency with desirable for example, having a period shorter than the period of the back EMF wave is about 400kHz, as for a clock pulse, it is desirable that it is a clock pulse with high frequencies, such as 16 etc.MHz.

[0148] Drawing 5 shows the configuration of the recording device control section 2000 for controlling an ink jet recording device by an actuator 106 detecting change of an acoustic impedance based on the result which detected the consumption condition of the liquid in a liquid container 1, and was detected.

[0149] As opposed to two actuators 106A and 106C with which the ink hold section (hold space) IS of a liquid container 1 was equipped with the recording device control section 2000 Each actuator 106A, The liquid consumption condition detecting element 1200 which detects the consumption condition of a liquid from change of the acoustic impedance which gives the electrical potential difference which drives 106C alternatively, and Actuators 106A and 106C detect as a result, It has the control circuit section 1500 which controls a recording device based on the detection result of the liquid existence which the liquid consumption condition detecting element 1200 outputs.

[0150] As shown in drawing 5 , two actuators 106A and 106C are installed in a different location along the oil-level fall direction by liquid consumption. In this case, as shown in drawing 6 , actuator 106A is prepared near the oil level at the full time in the ink hold section (hold space) IS of a liquid container 1, and actuator 106C is prepared near the oil level at a liquid and the time. Each actuators 106A and 106C are connected to solid state switches SWA and SWC, respectively. Each solid state switches SWA and SWC are controlled by the control section 1400, and when any one switch is switch-on, they are possible also for considering as non-switch-on. [ of other switches ]

[0151] The control circuit section 1500 is further equipped with the control section 1400 which operates based on the detection result of the liquid existence which the liquid

consumption condition detecting element 1200 outputs, and the recording device actuation control section 1402 which controls actuation of a recording device based on directions of a control section 1400. The control circuit section 1500 is further equipped with the presentation processing section 1404 by which the actuation is controlled by the recording device actuation control section 1402, the printing actuation control section 1406, the ink supplement processing section 1408, the cartridge message-exchange section 1410, the print-data storage processing section 1412, and the printing data storage section 1414.

[0152] Although the record device control section 2000 may be formed in the interior of an ink jet recording apparatus, the function of a part of record device control section 2000 may be prepared outside. For example, the function of the control circuit section 1500 may be given to external devices, such as a computer connected to the recording device. Furthermore, the function of a part of recording device control section 2000 may be stored in a record medium as a program, and may be supplied. When the function of a part of recording device control section 2000 is improved later by supplying the function of a part of recording device control section 2000 to the computer connected to the recording device as a program in which it was stored by the record medium, the program which performs the newest function easily can be stored in the storage of a computer, and actuation of a recording device can always be controlled using the newest function.

[0153] Moreover, the function of a part of record device control section 2000 may be transmitted to the terminal of the computer connected to a recording apparatus through a telecommunication circuit as a program from information processors, such as a server. In this case, the newest function can come to hand from a server through a telecommunication circuit easily, and can be stored in the storage of a computer, and, thereby, a recording device can always perform the newest function.

[0154] The liquid consumption condition detecting element 1200 drives Actuators 106A and 106C, and detects the existence of the liquid in a liquid container 1 from change of an acoustic impedance. For example, the liquid consumption condition detecting element 1200 has the measuring circuit section 800 which measures back EMF (for example, electrical-potential-difference value) which Actuators 106A and 106C generated by residual vibration, and the detector section 1100 which outputs the signal with which the existence of the liquid in a liquid container 1 is expressed based on back EMF which the measuring circuit section 800 measured.

[0155] The measuring circuit section 800 has the driver voltage generation section 850 which generates the driver voltage which drives Actuators 106A and 106C. The actuator from which the switch which corresponds by the driver voltage generated by the driver voltage generation section 850 among the actuators 106A and 106C with which the liquid container 1 was equipped is switch-on by the control section 1400 drives, and is oscillated. As for an actuator, after a drive oscillation continues vibrating. By this residual vibration, the actuator itself generates back EMF. The measuring circuit section 800 changes the wave-like analog signal of back EMF which the actuator generated into the digital signal which has the same frequency, and outputs it to the digital circuit section 900.

[0156] The detector section 1100 has the digital circuit section 900 which counts in digital one the pulse number within fixed time amount of the digital signal which the measuring circuit section 800 outputted, and the liquid existence judging section 1000



which judges the existence of a liquid based on the pulse number which the digital circuit section 900 counted.

[0157] In this example, as the digital circuit section 900 is shown in drawing 4 (A) and drawing 4 (B), from 4 count eye in the back EMF wave which the measuring circuit section 800 outputted to 8 count eye outputs the signal of High. Furthermore, as shown in drawing 4 (C), the digital circuit section 900 counts the pulse number of a predetermined clock pulse (it has a period shorter than the period of the back EMF wave) in the period which is High from 4 count eye in the above-mentioned digital signal to 8 count eye. At counting the pulse number of the clock pulse which has a fixed period, the time amount from 4 count eye to 8 count eye can be measured. For example, at drawing 4 (C), a clock pulse exists by five counts and can compute time amount by multiplying five counts by the period of a clock pulse.

[0158] Here, although the clock pulse of a low frequency is made into an example and explained in order to simplify explanation, a clock pulse with high frequencies, such as 16 etc.MHz, is used in fact. Based on the counted value which the digital circuit section 900 outputted, the liquid existence judging section 1000 judges the existence of the liquid in a liquid container 1, and outputs a judgment result to the control circuit section 1500.

[0159] In this example, since the location where the oil-level fall directions differ is equipped with two or more actuators 106A and 106C, respectively, the consumption condition of the liquid in the stowed position of each actuator is gradually detectable.

[0160] The output signals of each actuator differ by whether an oil level is higher than the attaching position level of each actuator. For example, if the frequency and amplitude of back EMF which are detected change a lot, a detecting signal will change in connection with it. The liquid consumption condition detecting element 1200 can judge whether the oil level of a liquid passed the attaching position level of each actuators 106A and 106C based on each detecting signal. Detection processing is periodically performed to the timing defined beforehand, for example.

[0161] Here, an oil level makes a condition lower than the attaching position of an actuator "a liquid-less condition", and makes the condition that an oil level is higher than an actuator "a condition with a liquid." An oil level's passage of an actuator changes a detection result from "a condition with a liquid" to "a liquid-less condition." With the gestalt of this operation, detection of oil-level passage shows change of such a detection result.

[0162] As a description of this operation gestalt, a control section 1400 chooses the actuator used for detection of an impedance along the fall direction of the oil level of a liquid according to advance of liquid consumption. A detailed explanation makes only solid state switch SWA switch-on in the state of immediately after [ wearing of a liquid container 1 ], i.e., liquid, full that only actuator 106A should be used. If a liquid is consumed and an oil level passes actuator 106A, actuator 106A will detect a liquid-less condition. In response to this, a control section 1400 makes solid state switch SWA non-switch-on so that it may switch a liquid detection location to the lower berth, and it makes only a solid state switch SWC switch-on. If a liquid is consumed and an oil level passes actuator 106C, actuator 106C will detect a liquid-less condition.

[0163] When the liquid consumption condition detecting element 1200 outputs the judgment result without a liquid by actuator 106C, the processing or ink supplement processing corresponding to the amount of low ink is performed. A control section 1400

controls the recording device actuation control section 1402, and performs predetermined processing corresponding to the amount of low ink. The processing corresponding to the amount of low ink is processing which takes that ink ran short into consideration, and forbids or controls actuation of recording devices, such as unsuitable printing. Based on directions of a control section 1400, the recording device actuation control section 1402 controls actuation of the presentation processing section 1404, the printing actuation control section 1406, the ink supplement processing section 1408, the cartridge message-exchange section 1410, or the print-data storage processing section 1412, and performs processing corresponding to the amount of low ink.

[0164] The presentation processing section 1404 presents the information corresponding to the existence of the liquid in the liquid container 1 detected by the actuator 106.

Informational presentation has the display on a display 1416, and the alert by the loudspeaker 1418. Displays 1416 are the display panel of a recording device, and the screen of the computer connected to the recording device. Or if the presentation processing section 1404 is connected with a loudspeaker 1418 and an actuator 106 detects those without a liquid, an information sound will be outputted from a loudspeaker 1418. The loudspeaker of a recording device is sufficient as a loudspeaker 1418, and the loudspeaker of external devices, such as a computer connected to the recording device, is sufficient as it. Moreover, it is also suitable to use a sound signal as an information sound, and the synthesized speech which shows an ink consumption condition by speech synthesis processing may be generated.

[0165] The printing actuation control section 1406 controls the printing right hand side 1420, and stops printing actuation of a recording device. The printing actuation after ink is lost is avoided by halt of printing actuation. Moreover, as other examples of the processing corresponding to the amount of low ink, the printing actuation control section 1406 may forbid moving to the next printing processing, after ending a certain printing processing. By prohibition of such printing processing, it is in the middle of one printing processing, for example, printing of a series of texts, and can avoid that printing stops. Moreover, in order to prevent printing processing stopping as an example of prohibition of printing processing while printing 1 page, it is also desirable to forbid the printing processing after newpage termination.

[0166] The ink supplement processing section 1408 controls ink supplement equipment 1422, and supplements a liquid container 1 with ink automatically. Printing is continuable with a supplement of this ink.

[0167] The cartridge message-exchange section 1410 controls the cartridge swap device 1424, and exchanges ink cartridges automatically. Printing actuation can be continued by such correspondence processing, without troubling a user's hand.

[0168] The print-data storage processing section 1412 stores the printing data before the completion of printing in the printing data storage section 1414 as processing corresponding to the amount of low ink. This printing data is printing data sent to a recording apparatus after ink and detection. It is avoidable that the printing data before printing are lost with storing of this printing data.

[0169] About components 1404-1412, these all do not need to be prepared in the recording device control section 2000. Moreover, in no components 1404-1412, processing corresponding to the amount of low ink needs to be performed, and at least one processing corresponding to the amount of low ink should just be performed. For

example, if the ink supplement processing section 1408 or the cartridge message-exchange section 1410 processes, the printing actuation control section 1406 does not need to perform halt processing of printing actuation.

[0170] In addition, configuration \*\* which avoids the configuration, i.e., the unsuitable actuation by the lack of ink, which performs processing corresponding to the amount of low ink except having illustrated above may be prepared. Moreover, it is suitable for the above-mentioned processing corresponding to the amount of low ink to perform, after actuator 106C detected "he has no liquid" in the stowed position and "predetermined printing for amount of allowances" is performed. "The predetermined amount of allowances" is set as suitable values fewer than the amount of printings until it will consume all ink after "with [ no liquid ]" detection of actuator 106C.

[0171] According to the gestalt of this operation, since a detection location is switched caudad, no actuators operate to coincidence. That is, the frequency of actuation of an actuator is low. Therefore, the amount of data processing in a control section 1400 can be controlled. Consequently, detection actuation does not reduce the throughput of printing actuation.

[0172] Moreover, since the driver voltage generation section 850 grade is prepared in common to two or more actuators, the efficiency of the configuration of a circuit is increased also in respect of the point of an arrangement tooth space, or cost.

[0173] moreover, the gestalt of this operation -- actuator 106A -- "-- liquid full" -- being detectable -- actuator 106C -- "liquid -- and -- " -- it is detectable. for this reason, "liquid - and -- " -- the case where it detects -- "liquid -- full -- it is very suitable for the control which supplements a liquid container 1 with a liquid to" condition.

[0174] Here, the example of ink supplement equipment 1422 is explained using drawing 7 . In drawing 7, carriage 3001 is guided and is constituted by the guide member 3002 possible [ a both-way drive ] by the driving means which is not illustrated.

[0175] Four ink supply units 3003 which have a liquid container 1 are carried in the upper part of carriage 3001. The recording head 3004 is formed in the inferior surface of tongue of carriage 3001.

[0176] The cartridge holder 3006 which holds an ink cartridge 3005 is arranged at the both sides of the migration field of carriage 3001. Moreover, the ink supply unit 3007 is arranged in the upper part of the non-printing area of the migration field of carriage 3001.

[0177] The ink supply unit 3007 is connected to the ink cartridge 3005 by the tube 3008. And it is the phase which carriage 3001 moved to the ink supply field, and connects with the ink inlet 3009 of the ink supply unit 3003, and the ink supply unit 3007 can pour in ink. In addition, 3010 is a pump unit which is the ink injection pressure power unit connected to the ink supply unit 3007 by the tube 3011, and 3021 is the atmospheric-air clear aperture of the ink supply unit 3003.

[0178] About the detailed structure of the ink supply unit 3003, it is the same as that of what is indicated by Japanese Patent Application No. No. 315071 [ 11 to ], and abbreviation. Therefore, the explanation is omitted by quoting Japanese Patent Application No. No. 315071 [ 11 to ] here. By this citation, all the written contents of the patent application concerned serve as the items mentioned of this specification.

[0179] But unlike the ink supply unit by the patent application concerned, there is no need that the float for oil-level detection is formed so that clearly from the meaning of this invention. The description that a float is unnecessary brings about advantages, such

as release (improvement in operational reliability) from the various troubles resulting from implementation of the decrease of cost by simplification of a configuration, and small and lightweight-izing, and the malfunction of the float concerned.

[0180] In addition, the number of the actuators arranged is not limited. In that case, spacing of an actuator may not be fixed. For example, it is so suitable that an oil level becomes low to narrow spacing of an actuator. Such deformation is applicable similarly in other following operation gestalten.

[0181] Moreover, although the drive circuit of two actuators 106A and 106C etc. consists of gestalten of the above-mentioned operation in common, these circuits may be prepared independently because of each actuator. It is also possible to detect the resonance frequency of two actuators 106A and 106C to coincidence in this case, and to distinguish a liquid consumption condition by whether these are the same. For example, when the resonance frequency detected from both the actuators 106A and 106C is the same, it is [ whether it is in ink and a condition, or ] in an ink full condition (ink full condition).

[0182] In addition, as shown in drawing 8 and drawing 9, when preparing only actuator 106A, only an ink full condition (ink full condition) is detected. this mode -- "liquid -- it is full and there is nothing -- " -- a case -- immediately -- "liquid -- full -- in equipment which is supplemented with a liquid to" condition, it is very suitable. In this case, solid state switch SWA is omissible.

[0183] Drawing 10 is the block diagram showing the recording apparatus control section 2000 of drawing 5 with other liquid-container 1'. With this operation gestalt, as shown in drawing 11, the location near the upper part and the location near the lower part of the predetermined oil level LL of liquid-container 1' are equipped with Actuators 106A and 106B, respectively. [ of ink hold section IS' ] About other configurations, it is the same as that of the gestalt of the operation shown in drawing 5 , and abbreviation.

[0184] The gestalt of this operation is effective in order to always maintain the oil-level level of liquid-container 1' near the predetermined oil level LL. That is, the oil-level level of a liquid is always maintainable near the predetermined oil level LL by supplying a liquid to liquid-container 1', if actuator 106B detects "he has no liquid", and suspending the liquid supply to liquid-container 1', if actuator 106A detects "those with a liquid." Thus, if oil-level level of a liquid is made abbreviation regularity, since the so-called head of a liquid will serve as abbreviation regularity, liquid discharging performance may improve notably.

[0185] Drawing 12 shows the operation gestalt which transformed the recording device control section 2000 shown in drawing 5 . It is equipped with the liquid container 1 of drawing 12 on carriage so that it may be open for free passage in the head section 1300 for breathing out and printing the liquid in a liquid container 1 to record media, such as the recording paper. The head section 1300 is driven by the head mechanical component 1440. Moreover, the recording device of drawing 12 has the cleaning section 1436 which attracts a liquid from the head section 1300 and cleans the nozzle of the head section 1300. When the cleaning mechanical component 1432 drives a pump 1434, the cleaning section 1436 attracts a liquid from the head section 1300.

[0186] The control circuit section 1502 of the recording device control section 2004 shown in drawing 12 To the element which the recording device control section 2000 shown in drawing 5 has, in addition, the liquid regurgitation counter 1450 which counts the number of the ink droplets which the head section 1300 breathed out (dot counter),

The liquid consumption calculation section 1452 which computes ink consumption based on the number of the ink droplets which the liquid regurgitation counter 1450 counted, It has further the cleaning control section 1442 which controls the cleaning mechanical component 1432 based on the ink consumption condition which the liquid consumption condition detecting element 1210 detected. Moreover, the detector section 1104 has the liquid consumption condition amendment section 1010 which amends the number of regurgitation of the ink droplet of the head section 1300 which the liquid regurgitation counter 1450 counted based on the consumption condition of the ink detected using two or more actuators 106A-106C.

[0187] Next, the actuation about the element newly added in drawing 12 is explained. The liquid regurgitation counter 1450 counts the number of the ink droplets breathed out from the head section 1300 at the time of printing, and outputs it to the liquid consumption calculation section 1452. The liquid consumption calculation section 1452 computes the amount of ink breathed out from the head section based on the counted value of the liquid regurgitation counter 1450.

[0188] Moreover, ink is consumed also by recovering the irregular meniscus near the nozzle orifice of the head section 1300, or preventing the blinding of the ink in a nozzle orifice (Flushing actuation) by impressing the driving signal which is unrelated to printing to a print head, and carrying out air ejecting of the ink droplet. Therefore, the liquid regurgitation counter 1450 is counted also about the number of expulsion of an ink droplet by the Flushing actuation, and is outputted to the liquid consumption calculation section 1452.

[0189] From the number of regurgitation of the ink from the head section 1300 in printing actuation and the Flushing actuation, the liquid consumption calculation section 1452 computes the consumption of ink, and outputs the computed ink consumption to the liquid consumption condition amendment section 1010. The amount of ink computed by the liquid consumption calculation section 1452 is displayed on the display 1416 of the presentation processing section 1404.

[0190] Furthermore, also in case the cleaning section 1436 cleans the head section 1300 (cleaning actuation), the ink in a liquid container 1 is consumed by the ink in the head section 1300 being attracted. Therefore, the liquid consumption calculation section 1452 computes the consumption of the ink by cleaning by applying the time amount (for example, time amount energized on the pump 1434) and the ink absorbed amount per time amount of a pump 1434 to which the cleaning mechanical component 1432 drove the pump 1434 through the cleaning control section 1442.

[0191] Therefore, the liquid consumption calculation section 1452 computes the consumed amount of ink by the liquid regurgitation counter 1450 and the cleaning control section 1442. The liquid consumption condition amendment section 1010 amends the calculation value of the liquid consumption calculation section 1452 based on the judgment result of the liquid existence judging section 1000.

[0192] The reason for using two outputs, the liquid existence judging section 1000 and the liquid consumption calculation section 1452, for detection of an ink consumption condition is explained below.

[0193] The output of the liquid existence judging section 1000 is the information which actually measured the oil level of a liquid with two or more actuators 106A-106C. On the other hand, the output of the liquid consumption calculation section 1452 is the ink

consumption of presumption computed from the number of the ink droplets which the liquid regurgitation counter 1450 counted, and the drive time amount of a pump.

[0194] By the printing gestalt and operating environment which are set up on a user side, this calculation value may produce [ when a room temperature is extremely high or low, or ] an error, when the elapsed time after opening of an ink cartridge is long, and the pressure in an ink cartridge and the viscosity of ink change.

[0195] Then, the liquid consumption condition amendment section 1010 amends the ink consumption computed by the liquid consumption calculation section 1452 based on the judgment result of the ink existence outputted from the liquid existence judging section 1000. Furthermore, the liquid consumption condition amendment section 1010 amends the parameter of a formula used for the liquid consumption calculation section 1452 computing ink consumption based on the judgment result of the ink existence outputted from the liquid existence judging section 1000. Thus, by amending the parameter of a formula, the formula concerned can be fitted to the environment where the ink cartridge is used. Thereby, the value acquired by the formula comes to approximate with the actually used value.

[0196] When actuator 106C detects "he has no ink", the printing actuation control section 1406 controlled by the recording device actuation control section 1402, the ink supplement processing section 1408, the cartridge message-exchange section 1410, the print-data storage processing section 1412, and the cleaning control section 1442 perform predetermined processing corresponding to the amount of low ink.

[0197] The printing actuation control section 1406 controls the head mechanical component 1440, stops the regurgitation of the ink in the head section 1300, or decreases the discharge quantity of ink. Thereby, the printing actuation after ink is lost is avoided.

[0198] The cleaning control section 1442 forbids cleaning actuation of the head section 1300 by the cleaning section 1436 as processing corresponding to low ink, decreases the count of cleaning, or weakens the suction force of a pump 1434, and decreases the amount of suction of ink. In the case of cleaning of the head section 1300, comparatively much ink is attracted from the head section 1300. Therefore, when it becomes low ink, by forbidding cleaning actuation, it can avoid being drawn in from the head section 1300 for cleaning of ink [ run short ], and the situation where ink runs short for cleaning can be avoided. Or as mentioned above, the count of cleaning may be decreased or the suction force of a pump 1434 may be weakened. A control section 1400 chooses what kind of low ink processing the printing actuation control section 1406 and the cleaning control section 1442 perform based on the ink residue in a liquid container 1.

[0199] Drawing 13 shows the operation gestalt which transformed the recording device control section 2004 shown in drawing 12. In this example, a liquid container 1 is equipped with the semi-conductor storage means 7, and the recording device control section 2006 has the information storage control circuit section 1444. Others are the same configurations as the recording device control section 2004 shown in drawing 12. Therefore, the explanation is omitted about the element which is not related to the semi-conductor storage means 7 and the information storage control means 1444.

[0200] The liquid container 1 of the gestalt of this operation has the semi-conductor storage means 7. The semi-conductor storage means 7 is the rewritable memory of EEPROM etc. The control circuit section 1506 has the information storage control circuit section 1444.

[0201] The liquid consumption condition detecting element 1210 controls solid state switches SWA and SWC and Actuators 106A and 106C, detects the consumption condition of the liquid in a liquid container 1, and outputs the consumption related information relevant to detection of the liquid consumption condition using Actuators 106A and 106C to the control circuit section 1506.

[0202] A control section 1400 writes consumption related information in the semi-conductor storage means 7 through the information storage control circuit section 1444. Furthermore, the information storage control circuit section 1444 reads consumption related information from the semi-conductor storage means 7, and outputs it to a control section 1400.

[0203] Next, the semi-conductor storage means 7 is explained to a detail. The semi-conductor storage means 7 memorizes the consumption related information relevant to detection in the consumption condition of a liquid of having used Actuators 106A and 106C. Consumption related information includes the information on the consumption condition of the detected liquid. The information storage control circuit section 1444 writes the consumption status information acquired using Actuators 106A and 106C in the semi-conductor storage means 7. And this consumption status information is read and it is used in the recording device control section 2006.

[0204] Especially the thing for which consumption status information is memorized for the semi-conductor storage means 7 is advantageous when carrying out desorption of the liquid container 1. For example, where a liquid is consumed to the middle, suppose that the liquid container 1 was removed from the ink jet recording device. At this time, there is always account of semi-conductor 100 million means 7 by which the liquid consumption condition was memorized, with a liquid container 1. The same ink jet recording apparatus is again equipped with a liquid container 1, or other ink jet recording apparatus are equipped with it. At this time, a liquid consumption condition is read from the semi-conductor storage means 7, and the recording device control section 2006 operates based on that liquid consumption condition. For example, that is told to a user even when equipped with the liquid container 1 with few [ empty or a liquid residue ] liquids. Thus, even if it is the case where desorption of the liquid container 1 is carried out, the consumption status information before a liquid container 1 can be used certainly.

[0205] The semi-conductor storage means 7 may memorize the liquid consumption condition which the liquid consumption calculation section 1452 computed further based on the number of the ink droplets which the liquid regurgitation counter 1450 counted. Although Actuators 106A and 106C can detect certainly passage of the liquid ink side in each stowed position, the detection about the ink consumption condition before and after oil-level passage is difficult Actuators. Therefore, it is desirable to presume from the liquid consumption condition which the liquid consumption calculation section 1452 computed, and to store the estimate concerned in the semi-conductor storage means 7 about the ink consumption condition before and after oil-level passage.

[0206] Moreover, consumption related information includes the detection property information which should be detected according to the consumption condition of a liquid. With this operation gestalt, front [ consumption ] detection property information and the detection property information after consumption are memorized as detection property information. The detection property information before consumption shows the detection property, i.e., the detection property in an ink full condition, before consumption of ink is

started. The detection property information after consumption shows the detection property of the schedule detected when ink is consumed to predetermined detection goals, and a detection property when a liquid ink side is specifically less than the attaching position level of an actuator.

[0207] The information storage control circuit section 1444 reads detection property information from the semi-conductor storage means 7, and the liquid consumption condition detecting element 1210 detects a liquid consumption condition using an actuator based on the detection property information. When the detecting signal corresponding to the detection property before consumption is obtained, consumption of ink does not progress yet but is considered that there are many residues of ink. It certainly turns out that a liquid ink side is above an actuator at least. On the other hand, when the detecting signal corresponding to the detection property after consumption is obtained, consumption of ink progresses, and since there are few residues, it turns out that the liquid ink side is less than an actuator.

[0208] One of the advantages of memorizing detection property information for the semi-conductor storage means 7 is explained.

[0209] Detection property information is decided by various kinds of factors, such as a configuration of a liquid container 1, a specification of an actuator, and a specification of ink. Therefore, when design changes, such as amelioration, are performed, a detection property may also change. If the liquid consumption condition detecting element 1210 uses the always same detection property information, dealing with change of such a detection property is difficult. On the other hand, detection property information is memorized and used for the semi-conductor storage means 7 with the gestalt of this operation. Therefore, change of a detection property can be coped with easily. For example, also when the liquid container 1 of a new specification is offered, the recording device control section 2006 can use easily the detection property information on the liquid container 1.

[0210] But there is the thing with the same specification of a liquid container 1 which a detection property changes with manufacture dispersion. For example, it responds thickly and detection properties sometimes differ [ the configuration of a liquid container 1, or ]. Therefore, still more preferably, the detection property information for each liquid container of every is measured, and it is stored in account of semi-conductor 100 million means 7. With the gestalt of this operation, since each liquid container 1 has the semi-conductor storage means 7, the detection property information on a proper is storable in the semi-conductor storage means 7. Thereby, the effect of detection on manufacture dispersion can be reduced, and detection precision can be improved. Thus, the gestalt of this operation can respond to a difference of the detection property of each liquid container 1, and is advantageous.

[0211] Moreover, based on the relative conditions (relation) of the mutual characteristic value of actuator 106A and actuator 106C, the consumption of the ink in an ink cartridge is also detectable. More, the ink of the predetermined amount in an ink cartridge is consumed by the detail, and the semi-conductor storage means 7 memorizes the oscillating characteristic value of actuator 106A detected when ink was lost around actuator 106A in it. When the value of the oscillating characteristic value which actuator 106C detects turns into a value almost equal to the value of the oscillating characteristic value of actuator 106A, it can be judged that the oil level of ink passed actuator 106C.



Since actuator 106C is arranged near the ink of a container 1, and the liquid ink side at the time, when it judges that the oil level of ink passed actuator 106C, it can be judged to be an ink end. Moreover, according to this operation gestalt, there is no need of measuring the oscillating characteristic value of the actuators 106A and 106C in case there is no ink in a container 1 by the production process. Therefore, manufacture of Actuators 106A and 106C or an ink cartridge becomes easy, and a production process is shortened. Furthermore, as for actuator 106A and actuator 106C, being manufactured with the same lot is desirable. It is because the property of actuator 106A and actuator 106C becomes almost equivalent by it. When a property uses equivalent actuator 106A and actuator 106C, the ink in an ink cartridge is correctly detectable.

[0212] Drawing 14 is a flow chart which shows the operations sequence of the recording apparatus control section 2006 shown in drawing 13.

[0213] First, it is judged whether it was equipped with the ink cartridge (S10). That is, having been equipped with the ink cartridge used to a new ink cartridge or the middle is detected. The switch with which the ink jet recording apparatus was equipped is used for this processing (not shown).

[0214] Wearing of an ink cartridge reads consumption related information including detection property information etc. from the semi-conductor storage means 7 (S12). The presentation processing section 1404 of the recording device control section 2006, the printing actuation control section 1406, the ink supplement processing section 1408, the cartridge message-exchange section 1410, the print-data storage processing section 1412, and the cleaning control section 1442 use the read consumption related information. For example, when the read consumption related information shows that there are few liquid residues in a liquid container 1, it displays that there are few liquid residues on a display 1416, or it is made to suspend actuation of the head section 1300.

[0215] The liquid consumption condition detecting element 1210 detects the consumption condition of a liquid using Actuators 106A-106C based on the read detection property information (S14). Based on the detected liquid consumption condition, the existence of the liquid in a liquid container 1 is judged (S16). When "he has no liquid" is detected, a liquid-less correspondence process (S18) is performed. The step (S28) which displays those without a liquid as a liquid-less correspondence process (S18) by the step (S24) which memorizes printing data by the print-data storage processing section 1412, the step (S26) which suspends printing actuation by the printing actuation control section 1406, and the presentation processing section 1404 is contained.

[0216] In this case, ink is supplied to an ink jet recording device with a user exchanging ink cartridges with directions of a liquid-less display step (S28), so that it may mention later.

[0217] Or as a liquid-less correspondence process (S18), ink cartridges may be automatically exchanged by the cartridge message-exchange section 1410 (S20), and ink may be automatically filled up by the ink supplement processing section 1408 (S22). In this case, an ink jet recording apparatus is automatically supplemented with ink, and it does not have the need that a user exchanges ink cartridges. In this case, it returns to a liquid consumption information read-out step (S12), without passing through the cartridge exchange decision step (S32) mentioned later. In addition, when an ink supplement step (S22) is carried out, after ink is filled up, the information on with the ink of the amount of which the recording device was supplemented is stored in the semi-

conductor storage means 7 (S34).

[0218] As a liquid-less correspondence means (S18), after a printing data storage step (S24), a printing actuation halt step (S26), and a liquid-less display step (S28) are performed, the detected liquid consumption condition is stored in the semi-conductor storage means 7 (S30). Since it is transmitted to the user by the liquid-less display step (S28), as for there being no ink into an ink cartridge, a user exchanges ink cartridges according to directions of a liquid-less display step (S28). In this case, (S32, Y) it returns to a liquid consumption condition detection step (S14). On the other hand, when a user does not exchange ink cartridges, a display which is further urged to a user that ink cartridges are exchanged is presented by a display or the loudspeaker, and ends a process. [0219] Drawing 15 is drawing showing the circuitry of the measuring circuit section 800.

The measuring circuit section 800 has the driver voltage generation section 850, the reference potential generation section 816, a high-pass filter 824, an amplifier 860, and a comparator 836. The driver voltage generation section 850 contains two bipolar transistors, the NPN mold transistor 810 by which base B and emitter E were connected to the complementation at juxtaposition, and the PNP mold transistor 812. The NPN mold transistor 810 and the PNP mold transistor 812 are transistors for driving AKUCHIEETA 106A and 106C. Actuators 106A and 106C are connected to the emitter E of the NPN mold transistor 810 to which one terminal of each other was connected through solid state switches SWA and SWC, respectively, and the PNP mold transistor 812, and an other-end child is connected to Gland GND. The other-end child of Actuators 106A and 106C may be connected to a power source Vcc (5V).

[0220] If the trigger signal inputted into the driver voltage generation section 850 serves as Low to High from a terminal 840, the base B of the connected NPN mold transistor 810 and the PNP mold transistor 812 starts, and the NPN mold transistor 810 and the PNP mold transistor 812 will amplify the current of the inputted trigger signal, and will give it to one actuator through the solid state switch of switch-on. In the case of drawing 15, the electrical potential difference between the emitter E of the PNP mold transistor 812 and Collector C is given to an actuator. For this reason, it charges rapidly and an actuator is oscillated. Furthermore, an actuator generates back EMF by vibration which remains after an oscillation. Back EMF generated by the residual vibration of an actuator is outputted to an amplifier 860 through a high-pass filter 824.

[0221] It is a PN junction between the base B of the NPN mold transistor 810 (the same is said of PNP mold transistor 812), and Emitter E, and if a current hardly flows to Emitter E side less than [ 0.6V ] but the potential difference of Base B and Emitter E exceeds 0.6V, the current amplified greatly will flow to Emitter E. That is, the NPN mold transistor 810 and the PNP mold transistor 812 have the neutral zone or bias voltage of 0.6V, respectively, and the NPN mold transistor 810 and the PNP mold transistor 812 have the bias voltage of about a total of 1.2v. If terminal potential including back EMF of an actuator is within the limits of a neutral zone, a transistor will operate, a current will not flow into Emitter E, and residual vibration of an actuator will not be suppressed for actuation of a transistor. If there is no neutral zone, the electrical potential difference of an actuator cannot be controlled by the transistor, cannot serve as constant value, and cannot investigate back EMF.

[0222] In drawing 15, although the NPN mold transistor 810 and the PNP mold transistor 812 are used as a bipolar transistor, a field-effect transistor may be used instead of a

bipolar transistor. When using a field-effect transistor, an N type field-effect transistor is arranged in the location where the NPN mold transistor of drawing 15 is arranged. The gate of an N type field-effect transistor is arranged in the location of the base B of the NPN mold transistor 810, and the source is arranged in the location of Emitter E. Moreover, a P type field-effect transistor is arranged in the location where the PNP mold transistor 812 is arranged. The gate of a P type field-effect transistor is arranged in the location of the base B of the PNP mold transistor 812, and the source is arranged in the location of Emitter E. Furthermore, the gates and the sources of a P type field-effect transistor and an N type field-effect transistor are connected. As for an actuator, it is desirable that connect with the source of the P type field-effect transistor to which one terminal of each other was connected through the solid state switch, and an N type field-effect transistor, and an other-end child is connected to a power source Vcc or Gland GND.

[0223] The high-pass filter 824 has the capacitor 826 and the resistor 828. The output of the driver voltage generation section 850 is outputted to an amplifier 860 through such a high-pass filter 824. While a high-pass filter 824 outputs a high frequency component to an amplifier 860 among the outputs of an actuator, it removes a low-frequency component. Furthermore, a high-pass filter 824 has the role adjusted so that the output of an amplifier 860 may be settled in the range of 0-5V (Vcc) focusing on a reference potential.

[0224] The reference potential generation section 816 has the resistance 818 and 820 connected to the serial, and the capacitor 822 connected to resistance 820 at juxtaposition. Thereby, the reference potential generation section 816 generates the about [ 2-3V ] stable direct-current potential as a reference potential, and supplies it to a high-pass filter 824, an amplifier 860, and a comparator 836. For this reason, the electrical potential difference of the signal wave form which a high-pass filter 824 and an amplifier 860 output vibrates focusing on a reference potential.

[0225] An amplifier 860 has an operational amplifier 834 and resistance 830 and 832. An operational amplifier 834 and resistance 830 and 832 are constituted as a non-inversed amplifying circuit amplified and outputted, without reversing an input signal. The back EMF signal which the driver voltage generation section 850 outputted is inputted into + terminal of an operational amplifier 834 through a high-pass filter 824. - terminal of an operational amplifier 834 is connected with the reference potential through resistance 832, while connecting with an output terminal through the negative feedback resistance 830. Thereby, the feeble back EMF signal which the actuator outputted is amplified considering a reference potential as a core, and is outputted to a comparator 836. Thus, the wave of the amplified back EMF signal may be expressed as an analog wave shown in drawing 4 .

[0226] The electrical potential difference of the back EMF signal outputted from the amplifier 860 and the reference potential which the reference potential generation section 816 generated are inputted, and when the electrical potential difference of the back EMF signal is more than a reference potential and the electrical potential difference of the back EMF signal is below a reference potential about the signal of High, the signal of Low is outputted to a comparator 836. Thereby, the back EMF signal of a digital wave is generated. That is, since the electrical potential difference of - terminal of a comparator 836 is equal to a reference potential while the output of an operational amplifier 834

vibrates focusing on a reference potential, a comparator 836 compares the electrical potential difference of the back EMF signal on the basis of a reference potential, and outputs the back EMF signal of a digital wave. A comparator 836 outputs the generated back EMF signal of a digital wave to a terminal 844.

[0227] In addition, supply of the driver voltage signal to a piezoelectric device is made by the input of the trigger signal from a terminal 840 as mentioned above. Do the input of this trigger signal by control unit 840c. Control-device 840c may be prepared in various kinds of liquid consumption equipments, such as an ink jet recording device with which a liquid container is carried.

[0228] Drawing 16 shows the circuitry of the detector section 1100 of drawing 5. The detector section 1100 has the digital circuit section 900 and the liquid existence judging section 1000. The digital circuit section 900 has flip-flops 910 and 918, counters 912 and 920, and NAND gates 914 and 916. If a counter 920 is counted to a peak price (1111 1111), even if a clock pulse is inputted next (0000 0000), it shall not become, but shall maintain a peak price.

[0229] If a trigger signal is inputted into the clocked into pin CLK of a flip-flop 910 from a terminal 842, a flip-flop 910 will output the signal controlled so that a counter 912 starts measurement of the pulse number of the back EMF signal outputted from the measuring circuit section 800 to a counter 912. Furthermore, if a counter 912 counts eight pulses of the back EMF signal, a flip-flop 910 will be cleared through NAND gate 916. Therefore, a flip-flop 910 supplies the signal with which the back EMF signal has become the between High to 8 pulse eye after a trigger signal is inputted to the count enabling terminal ENP of a counter 912.

[0230] A counter 912 carries out counting of the clock, only when the signal inputted into the counter enabling terminal ENP is High. Since the signal inputted into the count enabling terminal ENP is set to Low when counting of the pulse number of the back EMF signal is started and eight pulse numbers are counted after a trigger signal is inputted into a flip-flop 910, a counter 912 ends the count of a pulse number. A counter 912 outputs the signal with which from 4 pulse eye to 8 pulse eye serves as High from the output pin QC to the input pin D of a flip-flop 918.

[0231] From 4 pulse eye which the counter 912 outputted to 8 pulse eye receives the signal used as High from the input pin D, and a flip-flop 918 receives the clock with a frequency of 16MHz inputted from the terminal 846 from the clocked into pin CLK, it synchronizes with the clock concerned the signal inputted from the input pin D, and it outputs it.

[0232]

[Equation 1]

Although the pulse number of the 16MHz clock pulse which exists in from 4 pulse eye of the back EMF wave before 8 pulse eye was counted in the circuit of drawing 16, it is also countable by adding and combining the counting circuit using the output of a counter 912 to the count eye of not only the time amount to 8 count eye but arbitration. That is, the time amount in a different counting interval is detectable.

[0233] Drawing 17 shows the detailed circuitry of the liquid existence judging section 1000 shown in drawing 16. The liquid existence judging section 1000 judges the existence of the liquid in a liquid container 1 based on counted value with a number [ of clock pulses ] of 16MHz which appears from 4 pulse eye of the back EMF signal which the counter 920 outputted before 8 pulse eye. The liquid existence judging section 1000 has the upper-limit register 1011, the lower limit register 1012, comparators 1014 and 1016, and the AND gate 1018, as shown in drawing 17. The upper limit of counted value is stored in the upper-limit register 1011, and the lower limit of counted value is stored in the lower limit register 1012.

[0234] A comparator 1014 receives the counted value which the digital circuit section 900 outputted from a battery terminal, and receives the upper limit of counted value through a generator terminal from the upper-limit register 1011. When counted value is smaller than a upper limit, a comparator 1014 outputs the signal of High to AND gate 1018. On the other hand, when counted value is more than a upper limit, a comparator 1014 outputs the signal of Low to AND gate 1018. Since the frequency of the back EMF wave is lower than a lower limit and the back EMF wave is not normally measured when counted value is more than a upper limit, a recording device is not equipped with the liquid container, or authenticity may not be equipped.

[0235] On the other hand, a comparator 1016 receives the counted value which the digital circuit section 900 outputted from a generator terminal, and receives the lower limit of counted value through a battery terminal from the lower limit register 1012. When counted value is larger than a lower limit, a comparator 1016 outputs the signal of High to AND gate 1018 and a terminal 1022. On the other hand, when counted value is below a lower limit, a comparator 1016 outputs the signal of Low to AND gate 1018 and a terminal 1022. When counted value is below a lower limit, it means that the liquid in a

liquid container 1 does not exist in the stowed position of an actuator 106.

[0236] When the both sides of comparators 1014 and 1016 output the signal of High (i.e., when counted value is smaller than a upper limit and larger than a lower limit), AND gate 1018 outputs the signal of High. In this case, since the frequency of the back EMF wave is lower than a upper limit, the liquid in a liquid container 1 exists in the stowed position level of an actuator 106. And since the frequency of the back EMF wave is higher than a lower limit, it turns out that the recording apparatus is certainly equipped with the liquid container 1, and a liquid exists in the stowed position level of an actuator 106. Namely, when a terminal 1020 is High, the recording apparatus is certainly equipped with the liquid container 1, and it is in the normal condition that a liquid exists in the stowed position level of an actuator 106.

[0237] When a comparator 1014 outputs the signal of Low and a comparator 1016 outputs the signal of High (i.e., when counted value is larger than a lower limit above a upper limit), AND gate 1018 outputs the signal of Low. Moreover, the signal of High is inputted into a terminal 1022. In this case, since a terminal 1020 is Low, it is unusual, and since a terminal 1022 is High, it can judge with a recording device not being equipped with the liquid container 1, or authenticity not being equipped.

[0238] When a comparator 1014 outputs the signal of High and a comparator 1016 outputs the signal of Low, counted value is smaller than a upper limit, and, in below a lower limit, AND gate 1018 outputs the signal of Low. In this case, since a terminal 1020 is Low, it is unusual, and since a terminal 1022 is Low, it turns out that there is no liquid in the stowed position level of an actuator 106.

[0239] In addition, each element of the measuring circuit section 800 and each element of the detector section 1100 may be prepared separately independently for every actuator. According to the liquid consumption condition detecting element 1200 of such a configuration, the liquid consumption condition by each actuator is detectable to coincidence. In this case, it is possible to distinguish a liquid consumption condition by whether the resonance frequency detected from two actuators 106A and 106C is the same as mentioned above.

[0240] Drawing 18 shows the manufacture approach of an actuator 106. In drawing 18, two or more actuators 106 (the example of drawing 18 four pieces) are formed in one. The actuator 106 which shows the one moldings of two or more actuators shown in drawing 18 to drawing 19 by cutting, respectively is manufactured. When each piezoelectric device of two or more really shown [ in drawing 18 ] fabricated actuators 106 is circular, the actuator 106 shown in drawing 1 can be manufactured by really cutting a moldings, respectively. By forming two or more actuators 106 in one, two or more actuators 106 can be efficiently manufactured to coincidence, and the handling at the time of conveyance becomes easy.

[0241] An actuator 106 has sheet metal or a diaphragm 176, a substrate 178, an elastic wave generating means or a piezoelectric device 174, a terminal formation member or the up electrode terminal 168 and a terminal formation member, or the lower electrode terminal 170.

[0242] A piezoelectric device 174 contains a piezo-electric diaphragm or the piezo-electric layer 160, the up electrode 164, and the lower electrode 166. A diaphragm 176 is formed in the top face of a substrate 178, and the lower electrode 166 is formed in the top face of a diaphragm 176. The piezo-electric layer 160 is formed in the top face of the

lower electrode 166, and the up electrode 164 is formed in the top face of the piezo-electric layer 160. Therefore, of the principal part of the up electrode 164, and the principal part of the lower electrode 166, the principal part of the piezo-electric layer 160 is formed so that it may be inserted from the upper and lower sides.

[0243] When shown in drawing 18, the piezoelectric device 174 of plurality (the example of drawing 18 four pieces) is formed on the diaphragm 176. The lower electrode 166 is formed in the front face of a diaphragm 176, the piezo-electric layer 160 is formed in the front face of the lower electrode 166, and the up electrode 164 is formed in the top face of the piezo-electric layer 160. The up electrode terminal 168 and the lower electrode terminal 170 are formed in the edge of the up electrode 164 and the lower electrode 166. And four actuators 106 are cut separately, respectively and are used according to an individual.

[0244] As for drawing 19, a piezoelectric device shows some cross sections of the rectangular actuator 106. Drawing 20 shows the cross section of the whole actuator 106 shown in drawing 19.

[0245] As shown in drawing 20, through tube 178a is formed in the piezoelectric device 174 of a substrate 178, and the field which counters. The closure of the through tube 178a is carried out by the diaphragm 176. A diaphragm 176 is formed with the ingredient in which elastic deformation is possible while it is equipped with electric insulation, such as an alumina and an oxidization zirconia.

[0246] The piezoelectric device 174 is formed in the location corresponding to through tube 178a on the diaphragm 176. The lower electrode 166 is formed in the front face of a diaphragm 176 so that it may extend from the field of through tube 178a to the left in an one direction and drawing 20. The up electrode 164 is formed in the front face of the piezo-electric layer 160 so that it may extend in the method of the right in a direction opposite to a lower electrode, and drawing 20 from the field of through tube 178a.

[0247] The up electrode terminal 168 and the lower electrode terminal 170 are formed in the top face of an auxiliary electrode 172 and the lower electrode 166, respectively. The lower electrode terminal 170 contacts the lower electrode 166 electrically, and the up electrode terminal 168 contacts the up electrode 164 electrically through an auxiliary electrode 172, and it delivers the signal between a piezoelectric device and the exterior of an actuator 106. The up electrode terminal 168 and the lower electrode terminal 170 have the height more than the height of the piezoelectric device 174 which doubled electrodes 164 and 166 and the piezo-electric layer 160.

[0248] Drawing 21 shows the manufacture approach of the actuator 106 shown in drawing 18. First, a press or laser processing is used for a green sheet 40, and through tube 40a is punched. A green sheet 40 serves as a substrate 178 after baking. A green sheet 40 is formed with ingredients, such as a ceramic.

[0249] Next, the laminating of another green sheet 41 is carried out to the front face of a green sheet 40. A green sheet 41 serves as a diaphragm 176 after baking. A green sheet 41 is formed with ingredients, such as an oxidization zirconia.

[0250] Next, sequential formation of a conductive layer 42, the piezo-electric layer 160, and the conductive layer 44 is carried out by approaches, such as pressure membrane printing, on the front face of a green sheet 41. A conductive layer 42 serves as the lower electrode 166 behind, and a conductive layer 44 serves as the up electrode 164 behind.

[0251] Next, the formed green sheet 40, a green sheet 41, a conductive layer 42, the

piezo-electric layer 160, and a conductive layer 44 are dried and calcinated.

[0252] Spacing members 47 and 48 are members for carrying out bottom raising of the height of the up electrode terminal 168 and the lower electrode terminal 170, and making it higher than a piezoelectric device. or [ that spacing members 47 and 48 print green sheets 40 and 41 and this ingredient ] -- or a laminating is carried out and it forms. By using spacing members 47 and 48, there are few ingredients of the up electrode terminal 168 which is noble metals, and the lower electrode terminal 170, and they end. Moreover, since thickness of the up electrode terminal 168 and the lower electrode terminal 170 can be made thin, the up electrode terminal 168 and the lower electrode terminal 170 can be printed with a sufficient precision, and it can consider as accurate height.

[0253] At the time of formation of a conductive layer 42, if connection 44' with a conductive layer 44 and spacing members 47 and 48 are formed in coincidence, the up electrode terminal 168 and the lower electrode terminal 170 can be formed easily, or it can fix firmly. Finally, the up electrode terminal 168 and the lower electrode terminal 170 are formed in the edge field of a conductive layer 42 and a conductive layer 44. In case the up electrode terminal 168 and the lower electrode terminal 170 are formed, it forms so that the up electrode terminal 168 and the lower electrode terminal 170 may be electrically connected to the piezo-electric layer 160.

[0254] Drawing 22 shows the operation gestalt of further others of the ink cartridge to which this invention is applied. Drawing 22 (A) is the sectional view of the pars basilaris ossis occipitalis of the ink cartridge by this operation gestalt. The ink cartridge of this operation gestalt has through tube 1c in base 1a of a container 1 which holds ink. The pars basilaris ossis occipitalis of through tube 1c is closed by the actuator 650, and forms an ink reservoir.

[0255] Drawing 22 (B) shows the actuator 650 shown in drawing 22 (A), and the detailed cross section of through tube 1c. Drawing 22 (C) shows the flat surface of the actuator 650 shown in drawing 22 (B), and through tube 1c. An actuator 650 has the piezoelectric device 73 fixed to the diaphragm 72 and the diaphragm 72. An actuator 650 is fixed to the base of a container 1 so that a piezoelectric device 73 may counter through tube 1c through a diaphragm 72 and a substrate 71. Elastic deformation is possible for a diaphragm 72, and it is equipped with ink-proof nature.

[0256] Depending on the amount of ink of a container 1, the amplitude and frequency of back EMF which are generated by the residual vibration of a piezoelectric device 73 and a diaphragm 72 change. Since through tube 1c is formed in the location which counters an actuator 650, the ink of the minimum constant rate is secured to through tube 1c. Therefore, the ink end of a container 1 is certainly detectable by measuring beforehand the property of vibration of the actuator 650 decided by the amount of ink secured to through tube 1c.

[0257] Drawing 23 shows other operation gestalten of through tube 1c. In each of drawing 23 (A), (B), and (C), the condition that the chart on the left does not have Ink K in through tube 1c is shown, and right-hand side drawing shows the condition that Ink K remained in through tube 1c. In the operation gestalt of drawing 22, the side face of through tube 1c is formed as a perpendicular wall. In drawing 23 (A), 1d of side faces of through tube 1c is slanting in the vertical direction, and it is expanded inside and opened. In drawing 23 (B), the level difference sections 1e and 1f are formed in the side face of through tube 1c, and 1f of upper level difference sections is large from downward level



difference section 1e. In drawing 23 (C), through tube 1c has 1g of slots which extend in the direction of the ink feed hopper 2, i.e., the direction, which is easy to discharge Ink K. [0258] Drawing 23 (A) According to the configuration of through tube 1c shown in - (C), the amount of the ink K of an ink reservoir can be lessened. Therefore, M'cav explained by drawing 1 and drawing 2 can be made small as compared with M'max. For this reason, the oscillation characteristic of ink and the actuator 650 at the time can be greatly changed with the time of the ink survival in which the ink K of the amount which can be printed in a container 1 remains, and an ink end can be detected more certainly.

[0259] Drawing 24 is the perspective view showing other operation gestalten of an actuator. An actuator 660 has packing 76 outside through tube 1c of the diaphragm 72 which constitutes an actuator 660. The caulking hole 77 is formed in the periphery of an actuator 660. An actuator 660 is fixed to a container 1 with caulking through the caulking hole 77.

[0260] Drawing 25 (A) and (B) are drawings showing the operation gestalt of further others of an actuator. An actuator 670 is equipped with the crevice formation substrate 80 and a piezoelectric device 82 in this operation gestalt. A crevice 81 is formed in one field of the crevice formation substrate 80 of technique, such as etching, and the piezoelectric device 82 is attached in the field of another side. The pars basilaris ossis occipitalis of a crevice 81 acts as an oscillating field among the crevice formation substrates 80. Therefore, the oscillating field of an actuator 670 is specified by the periphery of a crevice 81.

[0261] An actuator 670 is similar with the structure where the substrate 178 and the diaphragm 176 were formed as one, in the actuator 106 by the example of drawing 1. In this case, the production process at the time of manufacturing an ink cartridge can be shortened, and cost is reduced. As for an actuator 670, it is desirable that it is the size in which embedding is possible to through tube 1c prepared in the container 1. By it, a crevice 81 can act also as a cavity. In addition, like the actuator 670 by the example of drawing 25, the actuator 106 by the example of drawing 1 may be formed in through tube 1c so that embedding may be possible.

[0262] Drawing 26 is the perspective view showing the configuration which used the actuator 106 as the attachment module object 100, and really formed it. The appointed number place of the container 1 of an ink cartridge is equipped with the module object 100. By [ in liquid ink ] detecting change of an acoustic impedance at least, the module object 100 is constituted so that the consumption condition of the liquid in a container 1 may be detected.

[0263] The module object 100 of this operation gestalt has the liquid-container attachment section 101 for attaching an actuator 106 in a container 1. The liquid-container attachment section 101 has the cylinder section 116 on the pedestal 102 in which a flat surface holds mostly the rectangular pedestal 102 and the actuator 106 oscillated with a driving signal. Moreover, when an ink cartridge is equipped, the module object 100 is constituted so that the actuator 106 of the module object 100 cannot contact from the outside. Thereby, an actuator 106 can be protected from external contact. In addition, the radius of circle is attached, and in case the hole formed in the ink cartridge is equipped, it is easy to insert in the tip side edge of the cylinder section 116.

[0264] Drawing 27 is the exploded view of the module object 100 shown in drawing 26. The module object 100 contains the liquid-container attachment section 101 which

consists of resin, and the piezoelectric device applied part 105 (refer to drawing 26) which has a plate 110 and a crevice 113. Furthermore, the module object 100 has reed wires 104a and 104b, an actuator 106, and a film 108. Preferably, a plate 110 is formed from ingredients which cannot rust easily, such as stainless steel or a stainless alloy.

[0265] While opening 114 is formed in a core so that the cylinder section 116 and the pedestal 102 which are included in the liquid-container attachment section 101 can hold reed wires 104a and 104b, the crevice 113 is formed in the perimeter of opening 114 so that an actuator 106, a film 108, and a plate 110 can be held.

[0266] An actuator 106 is joined to a plate 110 through a film 108, and a plate 110 and an actuator 106 are fixed to a crevice 113 (liquid-container attachment section 101).

Therefore, reed wires 104a and 104b, an actuator 106, a film 108, and a plate 110 are attached in the liquid-container attachment section 101 as one.

[0267] While reed wires 104a and 104b combine with the up electrode of an actuator 106, and a lower electrode, respectively and transmit a driving signal to a piezo-electric layer, they transmit the signal of the resonance frequency which the actuator 106 detected to a recording device etc.

[0268] An actuator 106 is temporarily oscillated based on the driving signal transmitted from reed wires 104a and 104b. Moreover, residual vibration of the actuator 106 is carried out after an oscillation, and it generates back EMF by the vibration. At this time, the resonance frequency corresponding to the consumption condition of the liquid in a liquid container is detectable by detecting the period of vibration of the back EMF wave.

[0269] a film 108 -- an actuator 106 and a plate 110 -- pasting up -- an actuator -- liquid -- it is made dense. As for a film 108, it is desirable to form with polyolefine etc. and to paste up by thermal melting arrival. By pasting up an actuator 106 and a plate 110 in the shape of a field with a film 108, and fixing, dispersion by the location of adhesion is lost and any parts other than the oscillating section do not vibrate. Therefore, even if it pastes up an actuator 106 on a plate 110, the oscillation characteristic of an actuator 106 does not change.

[0270] In addition, a plate 110 is a circle configuration and the opening 114 of a pedestal 102 is formed in the shape of a cylinder. The actuator 106 and the film 108 are formed in the shape of a rectangle. Reed wires 104a and 104b, an actuator 106, a film 108, and a plate 110 are good also as removable to a pedestal 102. A pedestal 102, reed wires 104a and 104b, the actuator 106, the film 108, and the plate 110 are arranged to the medial axis of the module object 100 at the symmetry. moreover, the core of a pedestal 102, an actuator 106, a film 108, and a plate 110 -- the module object 100 -- it is mostly arranged on the medial axis.

[0271] Moreover, the area of the opening 114 of a pedestal 102 is formed more greatly than the area of the oscillating field of an actuator 106. The through tube 112 is formed in the location which faces the oscillating section of an actuator 106 at the core of a plate 110. As shown in drawing 1 and drawing 2, the cavity 162 is formed in the actuator 106 and a through tube 112 and a cavity 162 form both ink reservoirs. In order to lessen effect of residual ink, compared with the path of a through tube 112, the small thing of the thickness of a plate 110 is desirable. For example, as for the depth of a through tube 112, it is desirable that it is 1/3 or less magnitude of the path. a through tube 112 is the symmetry to the medial axis of the module object 100 -- it is the configuration of a perfect circle mostly. Moreover, the area of a through tube 112 is larger than the opening

area of the cavity 162 of an actuator 106. The periphery of the cross section of a through tube 112 may be a taper configuration, and may be a step configuration. The flank, the upper part, or the pars basilaris ossis occipitalis of a container 1 is equipped with the module object 100 so that a through tube 112 may turn to the inside of a container 1. If ink is consumed and the ink of the actuator 106 circumference is lost, based on the resonance frequency of an actuator 106 changing a lot, at least the water of ink can detect change.

[0272] Drawing 28 is the perspective view showing other operation gestalten of a module object. As for the module object 400 of this operation gestalt, the piezoelectric device applied part 405 is formed in the liquid-container attachment section 401. As for the liquid-container attachment section 401, the flat surface has the pedestal 402 on Kakumaru's square, and the cylinder section 403 of the shape of a cylinder on a pedestal 402 mostly. Furthermore, the piezoelectric device applied part 405 includes the tabular element 406 and crevice 413 which were stood on the cylinder section 403. In the crevice 413 established in the side face of the tabular element 406, the actuator 106 is arranged at longitude. In addition, the tip of the tabular element 406 is beveled by the predetermined include angle, and in case the hole formed in the ink cartridge is equipped, it is easy to insert it in.

[0273] Drawing 29 is the decomposition perspective view of the module object 400 shown in drawing 28. The module object 400 as well as the module object 100 shown in drawing 26 contains the liquid-container attachment section 401 and the piezoelectric device applied part 405. The liquid-container attachment section 401 has a pedestal 402 and the cylinder section 403, and the piezoelectric device applied part 405 has the tabular element 406 and a crevice 413. It is joined to a plate 410 and an actuator 106 is fixed to a crevice 413. The module object 400 has further reed wires 404a and 404b, an actuator 106, and a film 408.

[0274] In addition, with this operation gestalt, a plate 410 is a rectangle-like and the opening 414 prepared in the tabular element 406 is also formed in the shape of a rectangle. Reed wires 404a and 404b, an actuator 106, a film 408, and a plate 410 may be constituted as removable to a pedestal 402. The actuator 106, the film 408, and the plate 410 are arranged at the symmetry to the medial axis prolonged in the direction of a vertical to the flat surface of opening 414 through the core of opening 414. furthermore, the core of an actuator 106, a film 408, and a plate 410 -- opening 414 -- it is mostly arranged on the medial axis.

[0275] The area of the through tube 412 prepared in the core of a plate 410 is formed more greatly than the area of opening of the cavity 162 of an actuator 106. Both the cavities 162 and through tubes 412 of an actuator 106 form an ink reservoir. The thickness of a plate 410 is small compared with the path of a through tube 412, for example, it is desirable to set it as 1/3 or less magnitude of the path of a through tube 412. a through tube 412 is the symmetry to the medial axis of the module object 400 -- it is the configuration of a perfect circle mostly. The periphery of the cross section of a through tube 412 may be a taper configuration, and may be a step configuration. The pars basilaris ossis occipitalis of a container 1 can be equipped with the module object 400 so that a through tube 412 may be arranged inside a container 1. Since it is arranged in a container 1 so that an actuator 106 may be prolonged perpendicularly, a setup at the time of an ink end is easily changeable by changing the height which changes the height of a

pedestal 402 and by which an actuator 106 is arranged in a container 1.

[0276] Drawing 30 shows the operation gestalt of further others of a module object. The module object 500 of drawing 30 (A) thru/or drawing 30 (C) as well as the module object 100 shown in drawing 26 contains the liquid-container attachment section 501 which has a pedestal 502 and the cylinder section 503. Moreover, the module object 500 has further reed wires 504a and 504b, an actuator 106, a film 508, and a plate 510. Opening 514 is formed in a core so that the pedestal 502 included in the liquid-container attachment section 501 can hold reed wires 504a and 504b, and a crevice 513 is formed in the perimeter of opening 514 so that an actuator 106, a film 508, and a plate 510 can be held. An actuator 106 is fixed to the piezoelectric device applied part 505 through a plate 510. Therefore, reed wires 504a and 504b, an actuator 106, a film 508, and a plate 510 are attached in the liquid-container attachment section 501 as one.

[0277] As for the module object 500 of this operation gestalt, the cylinder section 503 with a top face slanting in the vertical direction is mostly formed for the flat surface on the pedestal 502 of the shape of Kakumaru's square. The actuator 106 is arranged on the crevice 513 aslant prepared in the vertical direction of the top face of the cylinder section 503.

[0278] That is, the tip of the module object 500 inclines and the inclined plane is equipped with the actuator 106. For this reason, if the pars basilaris ossis occipitalis or flank of a container 1 is equipped with the module object 500, it will be arranged so that an actuator 106 may incline to the vertical direction of a container 1. As for whenever [ tilt-angle / of the tip of the module object 500 ], it is desirable to consider as for about 30 to 60 degrees in view of detectability ability.

[0279] The pars basilaris ossis occipitalis or flank of a container 1 is equipped with the module object 500 so that an actuator 106 may be arranged in a container 1. When the flank of a container 1 is equipped with the module object 500, it is attached in a container 1, an actuator 106 inclining so that a container 1 top, bottom, or width side may be turned to. It is desirable that it is attached in a container 1 on the other hand, an actuator 106 inclining so that the ink feed hopper side of a container 1 may be turned to when the pars basilaris ossis occipitalis of a container 1 is equipped with the module object 500.

[0280] Drawing 31 is a sectional view near [ when equipping a container 1 with the module object 100 shown in drawing 26 ] the pars basilaris ossis occipitalis of an ink container. It is equipped with the module object 100 so that the side attachment wall of a container 1 may be penetrated. O ring 365 is formed in the plane of composition of the side attachment wall of a container 1, and the module object 100, and \*\*\*\* of the module object 100 and a container 1 is maintained at it. Thus, since a seal is made with an O ring, as for the module object 100, it is desirable to have the cylinder section which was explained by drawing 26 .

[0281] By the tip of the module object 100 being inserted in the interior of a container 1, the ink in a container 1 contacts an actuator 106 through the through tube 112 of a plate 110. With a liquid or a gas, since the resonance frequency of the residual vibration of an actuator 106 differs, the perimeter of the oscillating section of an actuator 106 can detect the consumption condition of ink using the module object 100.

[0282] Moreover, a container 1 may be equipped with the module objects 700A, 700B, 750A, and 750B shown in the module object 400 shown not only in the module object 100 but in drawing 28 , the module object 500 shown in drawing 30 , drawing 32

mentioned further later, and drawing 33 , and the mold structure 600, and the existence of ink may be detected.

[0283] Drawing 32 shows the operation gestalt of further others of the module object 100. Module object 750A of drawing 32 (A) has actuator 106b and a pedestal 360. The container 1 is equipped with module object 750A so that the front face may serve as an inside of the side attachment wall of a container 1, and abbreviation one. Actuator 106b contains the piezo-electric layer 160, the up electrode 164, the lower electrode 166, and a diaphragm 176. The lower electrode 166 is formed in the top face of a diaphragm 176. The piezo-electric layer 160 is formed in the top face of the lower electrode 166, and the up electrode 164 is formed in the top face of the piezo-electric layer 160. Therefore, the piezo-electric layer 160 is formed so that it may be inserted from the upper and lower sides with the up electrode 164 and the lower electrode 166. The piezo-electric layer 160, the up electrode 164, and the lower electrode 166 form a piezoelectric device. The piezoelectric device is formed on the diaphragm 176. A piezoelectric device and the oscillating field of a diaphragm 176 are the oscillating sections in which an actuator actually vibrates. The through tube 385 is formed in the side attachment wall of a container 1. Therefore, ink contacts a diaphragm 176 through the through tube 385 of a container 1.

[0284] Next, the actuation of module object 750A shown in drawing 32 (A) is explained. The up electrode 164 and the lower electrode 166 transmit the signal of the resonance frequency which the piezo-electric layer 160 detects to a recording device while transmitting a driving signal to the piezo-electric layer 160. It oscillates with the driving signal transmitted with the up electrode 164 and the lower electrode 166, and residual vibration of the piezo-electric layer 160 is carried out after that. By this residual vibration, the piezo-electric layer 160 generates back EMF. And the period of vibration of the back EMF wave is counted, and the existence of ink can be detected by detecting the resonance frequency in the time.

[0285] Only a diaphragm 176 contacts the ink in the ink container 1 so that module object 750A may be shown in a field (A) opposite to the piezoelectric-device side of the oscillating section of actuator 106b, i.e., drawing 32 . In module object 750A of drawing 32 (A), the embedding to the module object of the electrode of a reed wire (104a, 104b, 404a, 404b, 504a, and 504b) shown in drawing 30 from drawing 26 becomes unnecessary. For this reason, a forming cycle is simplified. Furthermore, it becomes exchange of module object 750A, and recyclable. Furthermore, since actuator 106b is protected by the pedestal 360, actuator 106b can be protected from contact outside.

[0286] Drawing 32 (B) shows the operation gestalt of further others of a module object. Module object 750B of drawing 32 (B) has actuator 106b and a pedestal 360. The container 1 is equipped with module object 750B so that the front face may serve as an inside of the side attachment wall of a container 1, and abbreviation one. Actuator 106b contains the piezo-electric layer 160, the up electrode 164, the lower electrode 166, and a diaphragm 176. The lower electrode 166 is formed in the top face of a diaphragm 176. The piezo-electric layer 160 is formed in the top face of the lower electrode 166, and the up electrode 164 is formed in the top face of the piezo-electric layer 160. Therefore, the piezo-electric layer 160 is formed so that it may be inserted from the upper and lower sides with the up electrode 164 and the lower electrode 166. The piezo-electric layer 160, the up electrode 164, and the lower electrode 166 form a piezoelectric device. The

piezoelectric device is formed on the diaphragm 176. A piezoelectric device and the oscillating field of a diaphragm 176 are the oscillating sections in which an actuator actually vibrates. The thin wall 380 is formed in the side attachment wall of a container 1. A container 1 is equipped only with a diaphragm 176 so that the thin wall 380 of the ink container 1 may be contacted, so that module object 750B may be shown in a field (B) opposite to the piezoelectric-device side of the oscillating section of actuator 106b, i.e., drawing 32. Therefore, residual vibration of the oscillating section of actuator 106b is carried out with the thin wall 380.

[0287] Next, the actuation of module object 750B shown in drawing 32 (B) is explained. The up electrode 164 and the lower electrode 166 transmit the signal of the resonance frequency which the piezo-electric layer 160 detects to a recording device while transmitting a driving signal to the piezo-electric layer 160. It oscillates with the driving signal transmitted with the up electrode 164 and the lower electrode 166, and the piezo-electric layer 160 vibrates with a resonant period after that. Since the diaphragm 176 touches the thin wall 380 of a container 1, residual vibration of the oscillating section of actuator 106b is carried out with the thin wall 380. Since the inside side of the container 1 of the thin wall 380 contacts ink, in case actuator 106b carries out residual vibration with the thin wall 380, the resonance frequency and the amplitude of this residual vibration change with ink residues. By this residual vibration, the piezo-electric layer 160 generates back EMF. And an ink residue is detectable by counting the period of vibration of the back EMF wave, and detecting the resonance frequency at that time.

[0288] In module object 750B of drawing 32 (B), the embedding to the module object of the electrode of a reed wire (104a, 104b, 404a, 404b, 504a, and 504b) shown in drawing 30 from drawing 26 becomes unnecessary. For this reason, a forming cycle is simplified. Furthermore, it becomes exchange of module object 750B, and recyclable. Furthermore, since actuator 106b is protected by the pedestal 360, actuator 106b can be protected from contact outside.

[0289] Drawing 33 (A) shows the sectional view of the ink container when equipping a container 1 with module object 700B. In the case of drawing 33 (A), module object 700B is used as one of the attachment structures. The container 1 is equipped with module object 700B as the liquid-container attachment section 360 projects inside a container 1. A through tube 370 is formed in the attachment plate 350, and a through tube 370 and the oscillating section of actuator 106b face. Furthermore, a hole 382 is formed in the bottom wall of module object 700B, and the piezoelectric device applied part 363 is formed. As actuator 106b closes a hole 382, it is arranged.

[0290] Therefore, ink contacts a diaphragm 176 through the hole 382 of the piezoelectric device applied part 363, and the through tube 370 of the attachment plate 350. Both the hole 382 of the piezoelectric device applied part 363 and the through tube 370 of the attachment plate 350 form an ink reservoir. The piezoelectric device applied part 363 and actuator 106b are being fixed by the attachment plate 350 and the film member. Moreover, the sealing structure 372 is formed in the connection of the liquid-container attachment section 360 and a container 1. The sealing structure 372 may be formed with reversible ingredients, such as synthetic resin, and may be formed with an O ring. Although module object 700B of drawing 33 (A) and a container 1 are another objects, as shown in drawing 33 (B), the piezoelectric device applied part of module object 700B may consist of some containers 1.

[0291] In module object 700B of drawing 33 (A), the embedding to the module object of a reed wire shown in drawing 30 from drawing 26 becomes unnecessary. For this reason, a forming cycle is simplified. Furthermore, it becomes exchangeable [ module object 700B ], and becomes recyclable.

[0292] In case an ink cartridge shakes, ink may adhere to the top face or side face of a container 1. Such ink may hang down from the top face or side face of a container 1, may contact actuator 106b, and may incorrect-operate actuator 106b. However, when the liquid-container attachment section 360 of module object 700B has projected inside the container 1, actuator 106b does not incorrect-operate in the ink which has hung down from the top face and side face of a container 1.

[0293] Moreover, in the example of drawing 33 (A), a container 1 is equipped with some of diaphragms 176 and attachment plates 350 so that the ink in a container 1 may be contacted.

[0294] Drawing 33 (B) shows the sectional view of the ink container about other examples when equipping a container 1 with actuator 106b. In the ink cartridge by the example of drawing 33 (B), the protection member 361 is attached in the container 1 as another object with actuator 106b. Therefore, the protection member 361 and actuator 106b are not united as a module. However, the protection member 361 can be protected so that a user's hand cannot touch actuator 106b. The hole 380 is arranged by the side attachment wall of a container 1 corresponding to the front face of actuator 106b.

[0295] Actuator 106b contains the piezo-electric layer 160, the up electrode 164, the lower electrode 166, the diaphragm 176, and the attachment plate 350. A diaphragm 176 is formed in the top face of the attachment plate 350, and the lower electrode 166 is formed in the top face of a diaphragm 176. And the piezo-electric layer 160 is formed in the top face of the lower electrode 166, and the up electrode 164 is formed in the top face of the piezo-electric layer 160. Therefore, the principal part of the piezo-electric layer 160 is formed so that it may be inserted by the principal part of the up electrode 164, and the principal part of the lower electrode 166 from the upper and lower sides. The circular part which is each principal part of the piezo-electric layer 160, the up electrode 164, and the lower electrode 166 forms a piezoelectric device. The piezoelectric device is formed on the diaphragm 176. A piezoelectric device and the oscillating field of a diaphragm 176 are the oscillating sections in which an actuator actually vibrates. The through tube 370 is formed in the attachment plate 350. Therefore, ink contacts a diaphragm 176 through the hole 380 of a container 1, and the through tube 370 of the attachment plate 350. Both the hole 380 of a container 1 and the through tube 370 of the attachment plate 350 form an ink reservoir. Moreover, in the example of drawing 33 (B), actuator 106b is protected from contact outside by the protection member 361.

[0296] In addition, actuator 106b and the attachment plate 350 in drawing 33 (A) and the example of (B) are replaceable at the actuator 106 which has the substrate 178 of drawing 1.

[0297] Drawing 33 (C) shows an operation gestalt equipped with the mold structure 600 containing actuator 106b. In the example of drawing 33 (c), the mold structure 600 is used as one of the attachment structures. The mold structure 600 has actuator 106b and the mold section 364. Actuator 106b and the mold section 364 are fabricated by one. The mold section 364 is fabricated with reversible ingredients, such as silicon resin. The mold section 364 is formed so that it may have two guide pegs prolonged from the actuator

106b side. The foot of the mold section 364 has a reed wire 362 inside. the mold section 364 -- the mold section 364 and a container 1 -- liquid -- since it fixes densely, the edge of two guide pegs of the mold section 364 is formed in the shape of a semi-sphere on the outside of a container 1. A container 1 is equipped with the mold section 364 so that actuator 106b may project inside a container 1. Thereby, the oscillating section of actuator 106b contacts the ink in a container 1. The up electrode 164, the piezo-electric layer 160, and the lower electrode 166 of actuator 106b are protected from contact in ink by the mold section 364.

[0298] For the mold structure 600 of drawing 33 (C), ink is a pile to the leakage from a container 1 without needing the sealing structure 372 between the mold section 364 and a container 1. Moreover, since it is the gestalt in which the mold structure 600 does not project from the exterior of a container 1, actuator 106b can be protected from contact outside. Moreover, since the mold section 364 has projected the mold structure 600 inside the container 1, actuator 106b does not incorrect-operate in the ink which has hung down from the top face and side face of a container 1.

[0299] In addition, although each of each above-mentioned module objects is constituted so that it may have one actuator, the configuration which has two actuators is also possible. The outline in this case is shown in drawing 34. If the module object 4000 as shown in drawing 34 is used, as shown in drawing 35, liquid level control to the predetermined oil level LL mentioned above using drawing 10 and drawing 11 can be realized very with high precision. Moreover, the miniaturization of equipment can be attained as compared with the case where two actuators are formed separately, and also there is an advantage that installation precision improves.

[0300] In the above, the case where the ink cartridge concerned or carriage was equipped with an actuator 106 was mainly explained to the carriage with which carriage and carriage are equipped, and the ink cartridge of another object. However, it unites with carriage and the ink tank with which an ink jet recording apparatus is equipped with carriage may be equipped with an actuator 106. Furthermore, the ink tank of carriage and the off-carriage method which supplies ink to carriage through the tube of another object etc. may be equipped with an actuator 106. Moreover, the ink cartridge equivalent part of the member which the recording head and the ink container were united and was constituted exchangeable may be equipped with the actuator of this invention.

[0301] In addition, the recording device control sections 2000, 2004, and 2006, each of those elements, and control unit 840c (refer to drawing 15) may be constituted by the computer system. The record medium 201 (refer to drawing 5) which recorded the program and the program concerned for realizing each of these elements on the computer system here and in which computer read is possible is also a candidate for protection in this case.

[0302] Furthermore, when each aforementioned element is realized by programs, such as OS which operates on a computer system, the record medium 202 which recorded the program including the various instructions which control programs, such as the OS concerned, and the program concerned is also a candidate for protection in this case.

[0303] Here, in record media 201 and 202, although it can recognize as simple substances, such as a floppy disk, the network which makes others and various signals spread is also included.

[0304] In addition, as an example of a liquid, GRU, a manicure, etc. may be used other



than ink.

[0305] In addition, as for the oscillating section and/or a cavity, in the gestalt of each above operation, it is desirable to be constituted as the parent ink section (lyophilic section). In such a case, it attaches and explains using drawing 36 thru/or drawing 40.

[0306] Drawing 36 is the sectional view of the gestalt of 1 operation of the ink cartridge for black ink. The ink feed hopper 5002 joined to the ink supply needle of a recording device is formed in the body 5001 of a container which holds ink. The actuator 106 as shown in drawing 1 is attached in the side face near the base 5001a of the body 5001 of a container so that internal ink can be contacted through through tube 5001c.

[0307] The actuator 106 is formed in the location of the some upper part rather than the ink feed hopper 5002 so that the medium which contacts an actuator 106 in the phase (at the time) which turned into the phase, i.e., an ink near end, where all ink K was consumed mostly may change into a gas from ink. In addition, a means to generate vibration may be established independently and an actuator 106 may only be used as a detection means.

[0308] As shown in drawing 36 and drawing 37, packing 5004 and a valve element 5006 are formed in the ink feed hopper 5002. the ink supply needle 5032 which packing 5004 opens for free passage to a recording head 5031 as especially shown in drawing 37, and liquid -- it is engaged densely. The valve element 5006 is always \*\*\*\*(ed) by the spring 5005 to packing 5004.

[0309] If the ink supply needle 5032 is inserted, a valve element 5006 will be pushed on the ink supply needle 5032 concerned, ink passage will be opened wide, and the ink within the body 5001 of a container will be supplied to a recording head 5031 through the ink feed hopper 5002 and the ink supply needle 5032.

[0310] As shown in drawing 37, the carriage 5030 which can reciprocate crosswise [ of a record form ] is equipped with the subtank unit 5033, and the recording head 5031 is formed in the inferior surface of tongue of the subtank unit 5033. Moreover, the ink supply needle 5032 is formed in the ink cartridge loading side side of the subtank unit 5033. In addition, it is equipped with a semi-conductor storage means 5007 by which the information about the ink in an ink cartridge was stored, on the up wall of the body 5001 of a container.

[0311] Drawing 38 (A) and drawing 38 (B) are drawings for explaining the ingredient B1 and lyophilic ingredient B-2 which are not lyophilic, respectively. Here, lyophilic means compatibility with the liquid of arbitration which may be held in a liquid container, and it includes a hydrophilic property, oleophilic, a super-hydrophilic property, super-oleophilic one, etc.

[0312] As shown in drawing 38 (A) and drawing 38 (B), the contact angle (a climax angle, start angle)  $\theta_1$  when being in contact with the ingredient B1 whose liquid L is not lyophilic is large as compared with the contact angle  $\theta_2$  when being in contact with ingredient B-2 whose liquid L is lyophilic. Thus, lyophilic affects the contact angle of the liquid concerned. The contact angle  $\theta_2$  over ingredient B-2 which has lyophilic is a comparatively sharp acute angle. In this example, the contact angle of the liquid L to the lyophilic section is about 30 or less degrees. About 0 times of a contact angle are more desirable by the reason mentioned later.

[0313] The lyophilic section may be formed, making the ingredient itself lyophilic, carrying out a surface roughening process, or when covering etc. carries out a lyophilic

ingredient. Generally in relation with the liquid concerned, the surface tension of a liquid of a lyophilic high ingredient is also small.

[0314] Drawing 39 (A) is drawing which expanded the near part of the actuator 106 of drawing 36. Drawing 39 (B) is the same drawing as drawing 39 (A) for giving comparison explanation of the case where it does not have the lyophilic section.

[0315] In the case of drawing 39 (B), the lyophilic section is not prepared. Therefore, when there is no ink around an actuator 106 and ink adheres to oscillating field 176a locally, ink droplet M can pile up. Thereby, although an actuator 106 does not have ink, when there is ink, it has a possibility of detecting accidentally.

[0316] On the other hand, when oscillating field 176a which contacts ink at least among diaphragms 176 is contained in the lyophilic section, when there is no ink around an actuator 106, even if ink adheres to oscillating field 176a locally, the contact angle of the ink concerned is small, it is only that the ink concerned piles up in the front face of oscillating field 176a thinly, and much ink flows and falls, without piling up. Therefore, detection of the ink by the actuator 106 is not influenced substantially.

[0317] Moreover, it may also be prevented that vaporized ink dewes oscillating field 176a according to the temperature gradient of ink cartridge inside and outside. Since the contact angle of ink is small even if it is the case where ink dewes temporarily, it is only that ink piles up in the front face of oscillating field 176a thinly. Therefore, although there is no ink, an actuator 106 will not be accidentally detected, if there is ink. In addition, since the ink which piles up in the front face of oscillating field 176a contained in the lyophilic section is very thin, it is not illustrating in drawing 39 (A).

[0318] In addition, considering as the lyophilic section is desirable also about the circumference of oscillating field 176a. For example, it is desirable to consider as the lyophilic section also about medial-surface 161a of a cavity 162. Furthermore, it is good also considering rear-face 178a of the substrate 178 which faces a way side among the bodies 1 of a container as the lyophilic section (parent ink section). Moreover, it is desirable not only the actuator 106 but to make 5001d of internal surfaces of through tube 5001c of the body 5001 of a container or the body 5001 of a container into the lyophilic section. Thus, when the circumference of oscillating field 176a is made into the lyophilic section, the ink which adhered accidentally does not pile up in a cavity 162 or penetration opening 5001c.

[0319] Furthermore, when the inside of a cavity 162 or through tube 5001c is re-filled up with ink in the lyophilic section, then an ink cartridge, it is effective in ink tending to enter in a cavity 162 or through tube 5001c. For this reason, it can be easily re-filled up with ink in an ink cartridge, without requiring a special approach. Therefore, when the actuator 106 arranged by the ink cartridge with which the ink jet recording apparatus was equipped detects an ink end, a user can supplement an ink cartridge with ink easily. That is, an ink cartridge is easily recyclable.

[0320] When shown in drawing 39 (A), after the oil level of ink passes an actuator 106, a cavity 162 and through tube 5001c are designed so that ink may not remain in a cavity 162 or through tube 5001c. However, a cavity 162 or through tube 5001c may be designed so that ink may be made to remain positively in a cavity 162 or through tube 5001c. For example, while making the inside of a cavity 162 or through tube 5001c into the lyophilic section, ink can be made to remain easily in a cavity 162 or through tube 5001c by using the capillary tube force of acting on a cavity 162 or through tube 5001c.

[0321] The following advantages are acquired when it is made to make ink remain positively in a cavity 162 or through tube 5001c. That is, since ink remains in a cavity 162 or through tube 5001c even if a liquid container rocks and an oil level is choppy, an ink droplet does not adhere to the oscillating field of an actuator 106 locally. Therefore, malfunction of an actuator can be prevented.

[0322] Moreover, there is no liquid on the threshold of the existence of a liquid, then the outskirts of a cavity 162, the case where the liquid in a liquid container remains in a cavity 162 or through tube 5001c is judged to have no ink when there are few liquids in a cavity 162 or through tube 5001c than this threshold, a liquid is around a cavity 162 or through tube 5001c, and when there are more liquids than this threshold, it can be judged as those with ink.

[0323] In such a case, even if it is a time of the ink in a cavity drying and ink being lost, it can be judged that he has no ink. Moreover, since a threshold is not exceeded even if ink adheres to a cavity again in the shake of carriage etc. at the place whose ink in a cavity was lost, it can be judged that he has no ink.

[0324] It is good also considering all of parts that the ink in an ink cartridge including an actuator 106, the body 5001 of a container, and the ink feed hopper 5002 touches as further modification as the lyophilic section. In this case, all of parts in contact with the ink in an ink cartridge turn into the lyophilic section.

[0325] When the whole interior of an ink cartridge is made lyophilic, the predetermined penetrant remover which suits lyophilic [ concerned ] can wash the inside of an ink cartridge easily. More, in a detail, after using an ink cartridge, the liquid which has lyophilic can wash the inside of an ink cartridge.

[0326] As for this predetermined penetrant remover, it is more desirable than the ink held in the body 5001 of a container that it is a liquid with the high compatibility over the wall and actuator 106 in an ink cartridge. For example, when water ink remains in an ink cartridge, it is desirable to wash by the oily penetrant remover with more high compatibility to the interior of an ink cartridge. There is especially no limitation that the class of penetrant remover should just have lyophilic [ higher than ink ] to the wall and actuator 106 in an ink cartridge.

[0327] Since a penetrant remover has lyophilic [ higher than ink ] to the wall and actuator 106 in an ink cartridge, it tends to get used from the wall and actuator 106 in an ink cartridge. Therefore, old ink and the old impurity which remained in the ink cartridge can be flushed easily. Furthermore, if the boiling point of a penetrant remover is low, since the desiccation after washing becomes easy, it is more desirable.

[0328] Moreover, the ink itself with which it is re-filled up into an ink cartridge may be used as a predetermined penetrant remover. Even in such a case, an ink cartridge can be recycled, without collecting impurities in the body 5001 of a container.

[0329] Furthermore, when it is re-filled up with ink in the body 5001 of a container by making an actuator 106 lyophilic, ink tends to get used with an actuator 106. Therefore, ink is easily introduced in the cavity of an actuator 106. Therefore, when an ink jet recording apparatus is equipped with the ink cartridge re-filled up with ink in the body 5001 of a container, an actuator 106 does not detect those without ink accidentally.

[0330] As mentioned above, when the ink in an ink cartridge is consumed, the lyophilic section can also be formed so that ink may be made to remain in a cavity 162 or through tube 5001c. For example, oscillating field 176a and medial-surface 161a of a cavity 162

are made into parent ink nature, and opening 161 is constituted by the magnitude on which the capillary tube force acts. In this case, once ink tends to enter in a cavity 162 and ink is filled in a cavity 162, the ink concerned will be held according to the capillary tube force. Therefore, the ink in an ink cartridge is consumed, and even if it is the case where there is no ink around an actuator 106, ink remains in a cavity 162. Furthermore, it is possible not only the inside of a cavity 162 but to make ink remain in penetration opening 5001c by making penetration opening 5001c into the magnitude on which the capillary tube force acts.

[0331] Furthermore, surrounding substrate rear-face 178a of a cavity 162 may be made into non-dense ink nature, making the inside of a cavity 162 into parent ink nature for example, in order to make ink remain in a cavity 162.

[0332] Lyophobic means sparse nature with the liquid of arbitration which may be held in a liquid container, and contains hydrophobicity, non-dense oiliness, water repellence, oil repellency, water-repelling nature, oil separation nature, super-hydrophobicity, super-non-dense oiliness, super-water repellence, super-oil repellency, super-water-repelling nature, super-oil separation nature, etc. Moreover, the contact angle of the liquid to a non-dense liquid part is 60 degrees or more, and is more desirable. [ of about 180 degrees ]

[0333] Moreover, in order to make ink remain in through tube 5001c, 5001d of surrounding medial surfaces of through tube 5001c may be made into non-dense ink nature in a cavity 162, making the wall of substrate rear-face 178a and through tube 5001c into parent ink nature.

[0334] Ink certainly remains in a cavity 162 or through tube 5001c by making the circumference of a cavity 162 or through tube 5001c into non-dense ink nature, making the inside of a cavity 162 or through tube 5001c into parent ink nature. Furthermore, it can also prevent that ink adheres around the part which makes ink remain.

[0335] It is as follows when it is desirable to design so that the liquid in a liquid container may remain in a cavity 162.

[0336] Although there is an oil level of the liquid in a liquid container caudad depending on [ stowed position / of an actuator ] whenever [ installation location / to the liquid container of an actuator /, or setting-angle ], a liquid may adhere to the oscillating field of an actuator. When the actuator has detected the existence of a liquid only by the existence of the liquid in an oscillating field, the liquid adhering to the oscillating field of an actuator bars exact detection of the existence of a liquid. for example, the time of the condition that there is an oil level caudad rather than the stowed position of an actuator -- both-way migration of carriage etc. -- a liquid container -- rocking -- a liquid -- a wave -- inside, if a drop adheres to an oscillating field, an actuator will make a judgment which if liquids of enough are in a liquid container mistook.

[0337] Then, malfunction of an actuator can be prevented, even if it is the case where a liquid remains there and an oil level is [ a liquid container rocks and ] choppy conversely by preparing positively the cavity designed so that the existence of a liquid might be detected correctly. Thus, malfunction of an actuator can be effectively prevented by making the inside of a cavity lyophilic and making a liquid remain in a cavity positively.

[0338] In this case, it is, after ink is consumed and the oil level of ink passes an actuator 106, and let the case where the liquid in a liquid container remains in the cavity 162 of an actuator 106 be the threshold of the existence of a liquid. That is, there is no liquid around a cavity 162, and when there are few liquids in a cavity than this threshold, it is

judged that he has no ink. A liquid is around a cavity 162, and when there are more liquids than this threshold, it is judged as those with ink.

[0339] For example, since there are few liquids in a cavity than a threshold when the side attachment wall of a liquid container is equipped with an actuator 106, and the oil level in a liquid container is below the stowed position of an actuator 106, an actuator 106 detects those without ink. Since there are more liquids in a cavity than a threshold when the oil level in a liquid container is above the stowed position of an actuator 106, an actuator 106 detects those with ink. Thus, by setting up a threshold, even if it is a time of the ink in a cavity drying and ink being lost, it can be judged that he has no ink. Moreover, since a threshold is not exceeded even if ink adheres to a cavity again in the shake of carriage etc. at the place whose ink in a cavity was lost, it can be judged that he has no ink.

[0340] In addition, when making ink remain only in a cavity 162 by making a cavity 162 into the lyophilic section after the oil level of ink passes the level of an actuator 106, the amount of the ink which remains in a cavity 162 can serve as a threshold. When making ink remain in a cavity 162 and through tube 5001c by making a cavity 162 and through tube 5001c into the lyophilic section, the amount of the ink which remains in a cavity 162 and through tube 5001c can serve as a threshold.

[0341] It may be suitably determined by the purpose, a stowed position, etc. of use of an actuator 106 whether ink is made to remain in a cavity 162 or through tube 5001c.

[0342] Drawing 40 (A) is drawing which expanded the near part of the actuator 106 of drawing 36, and is drawing when the ink droplet has adhered only on an actuator 106 and the outskirts of it. Drawing 40 (B) is the same drawing as drawing 40 (A) for explaining the case where it does not have the lyophilic section. In the case of drawing 40 (A), the part which ink contacts in the interior of an ink cartridge is formed with a lyophilic ingredient, or is covered with the lyophilic ingredient.

[0343] In the case of drawing 40 (A), the contact angle  $\theta_2$  of the ink to the wall surface of an ink cartridge etc. is comparatively small, and an acute angle. Therefore, even when ink adheres to the part of penetration opening 5001c by which the actuator 106 is arranged, ink gets used to the lyophilic section, namely, it is only that ink piles up in the front face of the lyophilic section thinly, and much ink flows and falls, without piling up. For this reason, ink does not stop at the part of penetration opening 5001c. It is desirable about 20 or less to be degrees, especially that the contact angle  $\theta_2$  is more close to 0 times.

[0344] On the other hand, in the ink cartridge of drawing 40 (B), since lyophilic processing is not performed, the contact angle  $\theta_1$  of the ink to the wall surface of an ink cartridge etc. is comparatively large, for example, is about 60 degrees from about 30 degrees. Therefore, when ink adheres to the part of penetration opening 5001c by which the actuator 106 is arranged, ink can pile up in the part of penetration opening 5001c.

[0345] Therefore, in the ink cartridge of drawing 40 (B), although there is no ink substantially in the interior of an ink cartridge, there is a possibility of carrying out incorrect detection that ink has an actuator 106.

[0346] On the other hand, as mentioned above, although there is no ink substantially in the interior of an ink cartridge, there is no possibility of carrying out incorrect detection that ink has an actuator 106 at the ink cartridge of drawing 40 (A).

[0347] Next, a lyophilic ingredient is explained. Of course, especially the lyophilic ingredient for forming the lyophilic section is not limited. Therefore, the lyophilic

ingredient of arbitration can be used. There is a compound which has what covered the photocatalyst and irradiated ultraviolet rays as a strong lyophilic ingredient, for example, an inorganic material, the thing which has an activation front face, a hydrophilic epoxy compound, a silica particle content ingredient, and two or more functional groups chosen as intramolecular from a carboxyl group, a phenolic hydroxyl group, and an epoxy group. [0348] A titanium oxide photocatalyst can be considered as an ingredient of said photocatalyst. There are an anatase mold titania, a rutile mold titania, etc. in a detail more. The lyophilic section is obtained by applying these ingredients to a predetermined part and irradiating ultraviolet rays.

[0349] As a silica particle content ingredient, what carried out distributed stabilization of the colloid silica can be considered to water or an organic solvent. For example, there is an object which added the inorganic silica to the resin containing a hydroxyl group or the amino group. As resin containing a hydroxyl group, there are acrylic resin, polyvinyl alcohol resin, an epoxy resin, etc. There are amide resin and amino resin as resin containing the amino group. Resin may be mixed or you may compound-ize at the time of resin composition so that both hydroxyl group and amino group may be contained in resin. There are acrylamide resin, methacrylamide resin, amino acrylic resin, epoxy-amide resin, an amino-epoxy resin, etc. in a detail more. When the functional-group equivalent at the time of considering a hydroxyl equivalent, the amino-group equivalent, and the hydroxyl group and the amino-group equivalent of resin as a functional group is 3000 or less, especially a hydrophilic property is good.

[0350] Furthermore, the thing to which an organic silane compound and the resin containing the hydroxyl-group content resin mentioned above, amino-group content resin or a hydroxyl group, and the amino group were made to react may be used as a lyophilic ingredient.

[0351] The approach of covering a lyophilic ingredient is not especially limited to the front face of a predetermined ingredient, either. Therefore, the approach of the arbitration for covering a lyophilic ingredient can be used. As an approach of covering a lyophilic ingredient, there are approaches, such as plating processing, coating, and deposition, for example. A lyophilic ingredient can be covered using the technique of other known arbitration. For example, a lyophilic ingredient is hung down, while making it rotate as an example of coating before rotating the lyophilic section or. The spin coat which carries out coating by rotating the lyophilic section concerned, There are a DIP coat which carries out coating, a roll coat which carries out coating by applying a lyophilic ingredient to the lyophilic section using a roll by immersing the lyophilic section in a lyophilic ingredient. Moreover, a lyophilic ingredient may be applied to the lyophilic section, only using the brush etc.

[0352] On the other hand, a non-dense liquid part may be formed by sticking the coat layer formed from a lyophobic ingredient on a predetermined part.

[0353] In addition, there are CVD, plasma CVD, sputtering, vacuum deposition, etc. in the approach by deposition.

[0354] Moreover, the roughness of the front face of an ingredient may influence lyophilic. For example, it can raise lyophilic by carrying out the surface roughening process of the ingredient with a large contact angle. Moreover, if surface roughness is raised for example, in the case of the ingredient of a hydrophilic property with which an ingredient has fractal structure, it can become a super-hydrophilic front face or a super-

lipophilic front face. Therefore, it is desirable to form the lyophilic section by carrying out the surface roughening process of the front face of the lyophilic ingredient which has fractal structure. But if it is the ingredient which becomes lyophilic by carrying out a surface roughening process, it will not be limited to the ingredient which has fractal structure.

[0355] In addition, when an actuator 106 is formed in various kinds of module object 100, 400, 500, 700 grades, it may be desirable to constitute the lyophilic section also into ink contact parts, such as the module object concerned.

[0356] Next, the manufacture approach of the ink cartridge which has the lyophilic section is explained concretely. Here, the example of the manufacture approach of the ink cartridge which has the module object 100 shown in drawing 26 is explained.

[0357] In the 1st manufacture approach, first, an actuator 106 is set to a predetermined fixture so that the cavity 162 may be exposed. Next, the field which is not made lyophilic is masked. And said predetermined fixture with which the actuator 106 was set in the equipment for forming the lyophilic section is attached, and the interior of a cavity 162 is processed to lyophilic (for example, a lyophilic ingredient is covered or plated). Then, an actuator 106 is attached in the module object 100. And an ink cartridge is equipped with the module object 100 with which the actuator 106 was formed (disposition).

[0358] Said predetermined fixture is formed from resin or a metallic material in the mode which prepared the hole in the part of a cavity 162. Moreover, he does said masking using thermoplastics, for example, parts for all other than cavity 162 may be masked.

[0359] According to this approach, the lyophilic section can be formed only in an actuator 106. Moreover, only an actuator 106 is dealt with in the case of formation of the lyophilic section. Therefore, the facility about giving lyophilic is comparatively small, and ends. Cost for this to manufacture the same ink cartridge can be reduced.

[0360] In the 2nd manufacture approach, an actuator 106 is first attached in the module object 100. Next, the module object 100 is set to a predetermined fixture so that the cavity 162 of an actuator 106 may be exposed. And after attaching said predetermined fixture with which the module object 100 was set in the equipment for forming the lyophilic section and performing required masking, the interior of a cavity 162 and/or the surrounding module object 100 of a cavity 162 are processed to lyophilic (for example, a lyophilic ingredient is covered or plated). Then, an ink cartridge is equipped with the module object 100 concerned.

[0361] According to this approach, the part of the module object 100 which exists on the outskirts of cavity 162 of an actuator 106 can be lyophilic--ization-processed to the interior and coincidence of a cavity 162. Thereby, module object 100 part around the interior of it of a cavity 162 can be suitably made lyophilic.

[0362] In the 3rd manufacture approach, an actuator 106 is first attached in the module object 100. Next, an ink cartridge is equipped with the module object 100. And the ink cartridge itself is set to a predetermined fixture so that the cavity 162 of an actuator 106 may be exposed. Then, after attaching said predetermined fixture in the equipment for forming the lyophilic section and performing required masking to it, the interior of module object 100 surrounding part and/or ink cartridge of the interior of a cavity 162 and a cavity 162 is made lyophilic (for example, a lyophilic ingredient is covered or plated).

[0363] According to this approach, the interior of an actuator 106, the module object 100,

and/or an ink cartridge can be lyophilic--ization-processed to coincidence. Thereby, the interior of an ink cartridge can be suitably made the module object 100 pan around the interior of it of a cavity 162 lyophilic.

[0364] In this case, in case it is filled up with ink at the time of manufacture of an ink cartridge, and recycle, it becomes certain to fully contact ink to a piezoelectric device.

[0365] In addition, drawing 41 is the perspective view which looked at the gestalt of 1 operation of the ink cartridge which holds two or more kinds of ink from the background. The container 5008 is divided into three ink rooms 5009, 5010, and 5011 by the septum. The ink feed hoppers 5012, 5013, and 5014 are formed in each ink room. Actuators 106c, 106d, and 106e are attached in base 5008a of each ink room 5009, 5010, and 5011 so that an elastic wave can be transmitted to the ink held in each ink interior of a room through the container 5008. It is desirable to make the part in contact with ink lyophilic also with the inside of the container 5008 of the ink cartridge by the gestalt of this operation or Actuators 106c, 106d, and 106e.

[0366] As mentioned above, although this invention was explained using the gestalt of two or more operations, the technical range of this invention is not limited to the range given in the gestalt of the above-mentioned implementation. Various modification or amelioration can be added to the gestalt of the above-mentioned implementation. It is clear from the publication of a claim that the gestalt's which added such modification or amelioration it may be contained in the technical range of this invention.

[0367]

[Effect of the Invention] According to this invention, the so-called detection of the "full" condition of hold space may be realized with high dependability. This invention is especially effective for a liquid supplement activity which makes hold space a "full" condition.

[0368] Or according to this invention, the so-called detection of the "full" condition of hold space, "liquid, and" condition may be realized with high dependability. After this invention detects a "liquid end", it is especially effective for a liquid supplement activity which makes hold space a "full" condition.

[0369] Or according to this invention, it may be detected with dependability with whether high it exists in the predetermined area where the oil level in hold space is specified by 2 sets of oscillating sections. This invention is especially effective, when oil-level level should be maintained to abbreviation regularity and the head of a liquid should be maintained to abbreviation regularity.

## TECHNICAL FIELD

[Field of the Invention] By detecting change of an acoustic impedance, this invention is divided and relates to the liquid consumption condition detector which can detect the consumption condition of liquids, such as ink, by detecting change of resonance frequency.

## PRIOR ART

[Description of the Prior Art] In the ink jet recording device, the ink jet recording head which has a pressure generating means to pressurize a pressure generating room, and the



nozzle orifice which makes an ink droplet the pressurized ink and carries out the regurgitation is carried in carriage.

[0003] It consists of ink jet recording devices possible [ continuation of printing ] by continuing supplying the ink in an ink tank to a recording head through passage. The ink tank is constituted as a removable cartridge which a user can exchange easily, when ink is consumed.

[0004] Conventionally, there are an approach of software integrating the amount of ink attracted by the number of regurgitation of the ink droplet in a recording head or maintenance as a management method of ink consumption of an ink cartridge, and managing ink consumption by count, a method of managing the time of specified quantity consumption of the ink actually being carried out by attaching the electrode for oil-level detection in an ink cartridge, etc.

[0005] Although a cost-merit is high since the method of software integrating the number of regurgitation and the amount of ink of an ink droplet, and managing ink consumption on count does not need the special equipment for detection, an error may arise according to the printing gestalt in a user side etc. Moreover, gross errors may arise at the time of re-wearing of the same cartridge. Moreover, by the operating environment (for example, when it is an elevated temperature with a going too far room temperature, or low temperature), or the elapsed time after opening of an ink cartridge, the pressure in an ink cartridge and the viscosity of ink change, and the error which cannot be disregarded between the ink consumption on count and actual consumption may arise.

[0006] As for the approach of on the other hand managing the time of ink being consumed with an electrode, the amount of real of ink is detectable. For this reason, an ink residue is manageable with high dependability. However, since it depends for detection of the oil level of ink on the conductivity of ink, the class of detectable ink is limited or the seal structure of an electrode may be complicated. Moreover, as an ingredient of an electrode, since noble metals also with high corrosion resistance with sufficient conductivity are used, the manufacturing cost of an ink cartridge usually increases. Furthermore, since it is necessary to equip with two electrodes, a production process will increase and a manufacturing cost will increase as a result.

---

## EFFECT OF THE INVENTION

---

[Effect of the Invention] According to this invention, the so-called detection of the "full" condition of hold space may be realized with high dependability. This invention is especially effective for a liquid supplement activity which makes hold space a "full" condition.

[0368] Or according to this invention, the so-called detection of the "full" condition of hold space, "liquid, and" condition may be realized with high dependability. After this invention detects a "liquid end", it is especially effective for a liquid supplement activity which makes hold space a "full" condition.

[0369] Or according to this invention, it may be detected with dependability with whether high it exists in the predetermined area where the oil level in hold space is specified by 2 sets of oscillating sections. This invention is especially effective, when oil-level level should be maintained to abbreviation regularity and the head of a liquid should be maintained to abbreviation regularity.

---

## TECHNICAL PROBLEM

---

[Problem(s) to be Solved by the Invention] The application for patent No. 147052 [ 2000 to ] is indicating the piezoelectric device and module object which could detect the liquid residue correctly and made complicated seal structure unnecessary and with which a liquid container is equipped that the above-mentioned technical problem should be solved. Moreover, the application for patent No. 146966 [ 2000 to ] is indicating the detection control circuit which may be used for such a piezoelectric device and a module object.

[0008] Since a piezoelectric device or a module object given in the above-mentioned issue can detect the existence of an oil level, it is applicable not only to the end detection in liquid consumption but the full detection at the time of a liquid restoration activity.

[0009] This invention is made in consideration of such a point, and aims at offering the liquid consumption condition detector which can utilize detection of a liquid consumption condition more effectively.

---

## DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is drawing showing the detail of an actuator 106.

[Drawing 2] It is drawing showing the circumference of an actuator 106, and its equal circuit.

[Drawing 3] It is drawing showing the relation between the consistency of ink, and the resonance frequency of the ink detected by the actuator 106.

[Drawing 4] It is drawing showing the back EMF wave of an actuator 106.

[Drawing 5] It is drawing showing the configuration of the recording device control section 2000 which controls an ink jet recording device by an actuator detecting change of an acoustic impedance based on the result which detected the consumption condition of the liquid in a liquid container 1, and was detected.

[Drawing 6] Drawing showing the installation location of the actuator in the case of drawing 5 .

[Drawing 7] The schematic diagram showing an example of ink supplement equipment.

[Drawing 8] Drawing corresponding to drawing 5 at the time of changing the installation mode of an actuator.

[Drawing 9] Drawing showing the installation location of the actuator in the case of drawing 8 .

[Drawing 10] Drawing corresponding to drawing 5 at the time of changing the installation mode of an actuator.

[Drawing 11] Drawing showing the installation location of the actuator in the case of drawing 10 .

[Drawing 12] It is drawing of the recording device control section 2000 shown in drawing 5 showing the gestalt of other operations further.

[Drawing 13] It is drawing of the recording device control section 2004 shown in drawing 12 showing the gestalt of other operations further.

[Drawing 14] It is the flow chart which shows the operations sequence of the recording

apparatus control section 2006 shown in drawing 13 .

[Drawing 15] It is drawing showing the circuitry of the measuring circuit section 800.

[Drawing 16] It is drawing showing the circuitry of the detector section 1100.

[Drawing 17] It is drawing showing the detailed circuitry of the liquid existence judging section 1000 shown in drawing 16 .

[Drawing 18] It is drawing showing other operation gestalten of an actuator 106.

[Drawing 19] It is drawing showing some cross sections of the actuator 106 shown in drawing 18 .

[Drawing 20] It is drawing showing the cross section of the whole actuator 106 shown in drawing 19 .

[Drawing 21] It is drawing showing the manufacture approach of the actuator 106 shown in drawing 18 .

[Drawing 22] It is drawing showing the operation gestalt of further others of the ink cartridge of this invention.

[Drawing 23] It is drawing showing other operation gestalten of through tube 1c.

[Drawing 24] It is drawing showing other operation gestalten of an actuator 660.

[Drawing 25] It is drawing showing the operation gestalt of further others of an actuator 670.

[Drawing 26] It is the perspective view showing the module object 100.

[Drawing 27] It is the exploded view showing the configuration of the module object 100 shown in drawing 26 .

[Drawing 28] It is drawing showing other operation gestalten of the module object 100.

[Drawing 29] It is the exploded view showing the configuration of the module object 400 shown in drawing 28 .

[Drawing 30] It is drawing showing the operation gestalt of further others of the module object 100.

[Drawing 31] It is drawing showing the example of the cross section which equipped the ink container 1 with the module object 100 shown in drawing 26 .

[Drawing 32] It is drawing showing the operation gestalt of further others of the module object 100.

[Drawing 33] It is drawing showing the operation gestalt of further others of the module object 100.

[Drawing 34] It is the schematic diagram showing the example of the module object with which two actuators were built in.

[Drawing 35] It is drawing showing the installation situation of the actuator in the case of drawing 34 .

[Drawing 36] It is the sectional view of the gestalt of 1 operation of the ink cartridge for black ink.

[Drawing 37] It is the sectional view showing the important section of the ink jet recording device suitable for the ink cartridge of drawing 36 .

[Drawing 38] It is drawing for explaining the ingredient which is not lyophilic, and the ingredient which is lyophilic to a certain liquid.

[Drawing 39] It is drawing which expanded the near part of the actuator of drawing 36 .

[Drawing 40] It is drawing which expanded the near part of the actuator of drawing 36 .

[Drawing 41] It is the perspective view which looked at the gestalt of 1 operation of the ink cartridge which holds two or more kinds of ink from the background.

[Description of Notations]

1 1' Container  
1a Base  
1b Side attachment wall  
1c, 40a Through tube  
1d Side face  
1e, 1f Level difference section  
1g, 1h Slot  
2 Ink Feed Hopper  
40 41 Green sheet  
42 44 Conductive layer  
44' Connection  
47 48 Spacing member  
67 Plate  
68 Float  
71 Adhesives Layer  
78 80,178 Substrate  
73, 82, a piezo-electric diaphragm  
74 75 Ink absorber  
76 Packing  
77 Caulking Hole  
81 Crevice  
100,400,500,700 Module object  
101, 401, 501 Liquid-container attachment section  
102 Pedestal  
104 362 Reed wire  
105, 405, 505 Piezoelectric device applied part  
106, 106b-106e, 650, 660, 670 Actuator  
106A, 106C Actuator  
SWA, SWC Solid state switch  
108 Film  
110 Plate  
112, 412, 370 Through tube  
113 Crevice  
114 Opening  
116 Cylinder Section  
160 Piezo-electric Layer  
162 Cavity  
164 Up Electrode  
166 Lower Electrode  
168 Up Electrode Terminal  
170 Lower Electrode Terminal  
172 Auxiliary Electrode  
174 Piezoelectric Device  
176 Diaphragm  
180 Ink Cartridge

181 Air Supply Opening  
182 Ink Induction  
183 Ink Inlet  
184 Electrode Holder  
185 Air Induction Inlet  
186 Head Plate  
187 Ink Feed Hopper  
188 Nozzle Plate  
190 Nozzle  
192 Breaking-the-Water Wall  
194 Ink Container  
194a Base  
194b Side attachment wall  
194c Top face  
212 Septum  
213, 213a, 213b Hold room  
214 Buffer  
216, 216a, 216b Porosity member  
220 Ink Cartridge  
222 1st Septum  
224 2nd Septum  
225a The 1st hold room  
225b The 2nd hold room  
227 Capillary Tube Way  
228 Check Valve  
230 Ink Feed Hopper  
232 Valve  
232a Wing  
233 Air Hole  
235 Spring  
242 Porosity Member  
250 Carriage  
252 Recording Head  
254 Ink Supply Needle  
256 SubTank Unit  
258 258' Heights  
260 260' Elastic wave generating means  
262 Ink Room  
266 Film Valve  
270 Valve Element  
272 Ink Cartridge  
274 Container  
274a Base  
274b Side face  
276 Ink Feed Hopper  
278 Crevice

280 280' Gelation material  
282 Packing  
284 Spring  
286 Valve Element  
288 Semi-conductor Storage Means  
290 Container  
290a Base  
292, 294, 296 Ink room  
298, 300, 302 Ink feed hopper  
304, 306, 308 Gelation material  
310, 312, 314 Crevice  
316 Plate  
318 Float  
350 Attachment Plate  
360 Liquid-Container Attachment Section  
364 Mold Section  
372 Sealing Structure  
402 502 Pedestal  
403 503 Cylinder section  
404 504 Reed wire  
408 508 Film  
410 510 Plate  
413 513 Crevice  
414 514 Opening  
600 Mold Structure  
606 Actuator  
610 Circuit Board  
612 Terminal  
800 Measuring Circuit Section  
810 NPN Mold Transistor  
812 PNP Mold Transistor  
816 Reference Potential Generation Section  
818, 820, 828, 830, 832 Resistance  
822 826 Capacitor  
824 High-pass Filter  
834, 840, 842, 844, 846 Terminal  
836 Comparator  
840c Control unit  
850 Driver Voltage Generation Section  
860 Amplifier  
900 Digital Circuit Section  
910 918 Flip-flop  
912 920 Counter  
914,916 NAND gate  
1000 Liquid Existence Judging Section  
1010 Liquid Consumption Condition Amendment Section

1011 Upper-Limit Register  
1012 Lower Limit Register  
1014 1016 Comparator  
1018 AND Gate  
1020 1022 Terminal  
1100 1104 Detector section  
1200 1210 Liquid consumption condition detecting element  
1300 Head Section  
1400 Control Section  
1402 Recording Device Actuation Control Section  
1404 Presentation Processing Section  
1406 Printing Actuation Control Section  
1408 Ink Supplement Processing Section  
1410 Cartridge Message-Exchange Section  
1412 Print-Data Storage Processing Section  
1414 Printing Data Storage Section  
1416 Display  
1418 Loudspeaker  
1420 Printing Right Hand Side  
1422 Ink Supplement Equipment  
1424 Cartridge Swap Device  
1432 Cleaning Mechanical Component  
1434 Pump  
1436 Cleaning Section  
1440 Head Mechanical Component  
1442 Cleaning Control Section  
1444 Information Storage Control Circuit Section  
1450 Liquid Regurgitation Counter  
1452 Liquid Consumption Amendment Section  
1500, 1502, 1506 Control circuit section  
2000, 2004, 2006 Recording device control section  
3001 Carriage  
3002 Guide Member  
3003 Ink Supply Unit  
3004 Recording Head  
3005 Ink Cartridge  
3006 Cartridge Holder  
3007 Ink Supply Unit  
3008 Tube  
3009 Ink Inlet  
3010 Pump Unit  
3021 Atmospheric-Air Clear Aperture  
4000 Module Object  
5001 Body of Container  
5001a Base  
5001c Through tube

5001d Internal surface  
5002 Ink Feed Hopper  
5004 Packing  
5005 Spring  
5006 Valve Element  
5007 Semi-conductor Storage Means  
5008 Container  
5008a Base  
5009-5011 Ink room  
1012-5014 Ink feed hopper  
5030 Carriage  
5031 Recording Head  
5032 Ink Supply Needle  
5033 SubTank Unit

---

[Translation done.]



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2002-219814  
(P2002-219814A)

(43) 公開日 平成14年 8 月 6 日 (2002. 8. 6)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

B 4 1 J 2/175

識別記号

F I

B 4 1 J 3/04

テーマコード\* (参考)

1 0 2 Z 2 C 0 5 6

審査請求 未請求 請求項の数35 O L (全 48 頁)

(21) 出願番号 特願2001-223382(P2001-223382)

(22) 出願日 平成13年 7 月 24 日 (2001. 7. 24)

(31) 優先権主張番号 特願2000-354802(P2000-354802)

(32) 優先日 平成12年11月21日 (2000. 11. 21)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000002369

セイコーエプソン株式会社

東京都新宿区西新宿 2 丁目 4 番 1 号

(72) 発明者 金 谷 宗 秀

長野県諏訪市大和三丁目 3 番 5 号 セイコ

ーエプソン株式会社内

(72) 発明者 塚 田 憲 児

長野県諏訪市大和三丁目 3 番 5 号 セイコ

ーエプソン株式会社内

(74) 代理人 100075812

弁理士 吉武 賢次 (外 6 名)

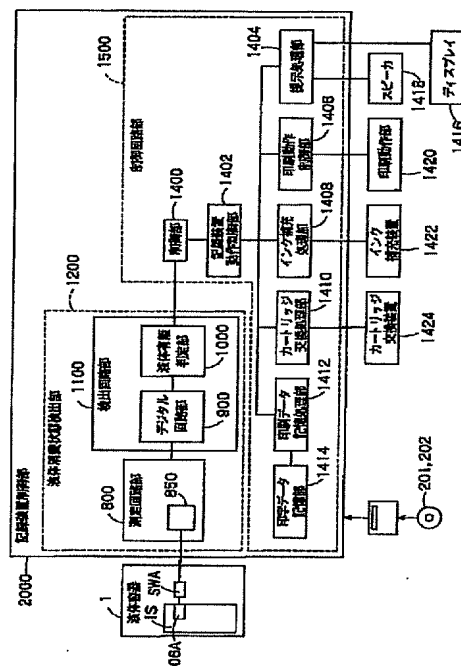
Fターム(参考) 2C056 EA29 EB20 EB51 KC04 KC10  
KD06 KD08

(54) 【発明の名称】 液体消費状態検出器

(57) 【要約】

【課題】 液体消費状態の検出をより有効に活用できるような液体消費状態検出器を提供すること。

【解決手段】 本発明による液体消費状態検出器は、液体を収容する収容空間に少なくとも一部が露出すると共に当該収容空間に対して振動可能な振動部と、駆動信号に基づいて振動部を振動させることが可能であると共に振動部の振動によって逆起電力信号を発生させる圧電素子と、を備える。液体消費状態検出部 1200、1202、1210 が、圧電素子からの逆起電力信号に基づいて液体消費状態を検出する。収容空間は、液体を所定量だけ収容可能である。振動部は、収容空間の前記所定量の液体収容時の液面近傍に設けられている。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】再充填可能な液体を収容する収容空間に少なくとも一部が露出すると共に、当該収容空間に対して振動可能な振動部と、

駆動信号に基づいて振動部を振動させることが可能であるとと共に、振動部の振動によって逆起電力信号を発生させる圧電素子と、

圧電素子からの逆起電力信号に基づいて液体消費状態を検出する液体消費状態検出部と、を備え、

収容空間は、液体を所定量だけ収容可能であって、振動部は、収容空間の前記所定量の液体収容時の液面近傍に設けられていることを特徴とする液体消費状態検出器。

【請求項 2】再充填可能な液体を収容する収容空間に少なくとも一部が露出すると共に、当該収容空間に対して振動可能な振動部と、

駆動信号に基づいて振動部を振動させることが可能であるとと共に、振動部の振動によって逆起電力信号を発生させる圧電素子と、

圧電素子からの逆起電力信号に基づいて液体消費状態を検出する液体消費状態検出部と、を備え、  
収容空間は、液体を所定量だけ収容可能であって、振動部及び圧電素子は、収容空間の前記所定量の液体収容時の液面近傍と、収容空間の液体枯渇時の液面近傍と、にそれぞれ設けられていることを特徴とする液体消費状態検出器。

【請求項 3】再充填可能な液体を収容する収容空間に少なくとも一部が露出すると共に、当該収容空間に対して振動可能な振動部と、

駆動信号に基づいて振動部を振動させることが可能であるとと共に、振動部の振動によって逆起電力信号を発生させる圧電素子と、

圧電素子からの逆起電力信号に基づいて液体消費状態を検出する液体消費状態検出部と、を備え、

振動部及び圧電素子は、収容空間の所定液面の近傍で、当該液面の上と、当該液面の下と、にそれぞれ設けられていることを特徴とする液体消費状態検出器。

【請求項 4】前記 2 組の振動部及び圧電素子は、1 つのモジュール内に形成されていることを特徴とする請求項 3 に記載の液体消費状態検出器。

【請求項 5】液体消費状態検出部は、2 つの圧電素子からの逆起電力信号の相対的な関係に基づいて、液体消費状態を検出するようになっていることを特徴とする請求項 2 乃至 4 のいずれかに記載の液体消費状態検出器。

【請求項 6】液体消費状態検出部は、逆起電力信号の周波数を測定するようになっていることを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれかに記載の液体消費状態検出器。

【請求項 7】液体消費状態検出部は、逆起電力信号の所定時間の振動回数を計測するカウンタを有しており、当該カウンタにより計測された数値に基づいて、逆起電力

信号の周波数を測定するようになっていることを特徴とする請求項 6 に記載の液体消費状態検出器。

【請求項 8】液体消費状態検出部は、逆起電力信号が所定回数だけ振動する間の時間を計測するためのクロックカウンタを有しており、当該クロックカウンタにより計測された時間に基づいて、逆起電力信号の周波数を測定するようになっていることを特徴とする請求項 6 に記載の液体消費状態検出器。

【請求項 9】振動部の液体収容空間に対して露出する部分は、液体収容空間側から見て対称な形状となっていることを特徴とする請求項 1 乃至 8 のいずれかに記載の液体消費状態検出器。

【請求項 10】圧電素子は、振動部の液体収容空間に対して露出する部分の略中心の位置で、当該振動部の液体収容空間側とは反対側に固定されていることを特徴とする請求項 9 に記載の液体消費状態検出器。

【請求項 11】振動部の液体収容空間に対して露出する部分は、液体収容空間側から見て円形となっていることを特徴とする請求項 9 または 10 に記載の液体消費状態検出器。

【請求項 12】圧電素子の振動方向は、振動部の液体収容空間に対して露出する部分に対して略垂直となっていることを特徴とする請求項 1 乃至 11 のいずれかに記載の液体消費状態検出器。

【請求項 13】振動部の液体収容空間に対して露出する部分は、前記液体に対する親液性を有していることを特徴とする請求項 1 乃至 12 のいずれかに記載の液体消費状態検出器。

【請求項 14】振動部の液体収容空間に対して露出する部分の周囲を取り囲むように、前記液体に対する親液性を有するキャビティ部が設けられていることを特徴とする請求項 13 に記載の液体消費状態検出器。

【請求項 15】液体を再充填可能に収容するための収容空間を区画する壁部と、

再充填可能な液体を収容する収容空間に少なくとも一部が露出すると共に、当該収容空間に対して振動可能な振動部と、

駆動信号に基づいて振動部を振動させることが可能であるとと共に、振動部の振動によって逆起電力信号を発生させる圧電素子と、

を備え、  
収容空間は、液体を所定量だけ収容可能であって、振動部は、収容空間の前記所定量の液体収容時の液面近傍に設けられていることを特徴とする液体容器。

【請求項 16】液体を再充填可能に収容するための収容空間を区画する壁部と、

再充填可能な液体を収容する収容空間に少なくとも一部が露出すると共に、当該収容空間に対して振動可能な振動部と、

駆動信号に基づいて振動部を振動させることが可能であ

ると共に、振動部の振動によって逆起電力信号を発生させる圧電素子と、を備え、  
収容空間は、液体を所定量だけ収容可能であって、  
振動部及び圧電素子は、収容空間の前記所定量の液体収容時の液面近傍と、収容空間の液体枯渇時の液面近傍と、にそれぞれ設けられていることを特徴とする液体容器。

【請求項 17】液体を再充填可能に収容するための収容空間を区画する壁部と、  
再充填可能な液体を収容する収容空間に少なくとも一部が露出すると共に、当該収容空間に対して振動可能な振動部と、  
駆動信号に基づいて振動部を振動させることが可能であると共に、振動部の振動によって逆起電力信号を発生させる圧電素子と、を備え、  
振動部及び圧電素子は、収容空間の所定液面の近傍で、当該液面の上下と、当該液面の上下と、にそれぞれ設けられていることを特徴とする液体容器。

【請求項 18】振動部の液体収容空間に対して露出する部分は、前記液体に対する親液性を有していることを特徴とする請求項 15 乃至 17 のいずれかに記載の液体容器。

【請求項 19】前記壁部の、振動部の液体収容空間に対して露出する部分の近傍の領域は、前記液体に対する親液性を有していることを特徴とする請求項 18 に記載の液体容器。

【請求項 20】振動部の液体収容空間に対して露出する部分の周囲を取り囲むように、前記液体に対する親液性を有するキャビティ部が設けられていることを特徴とする請求項 18 に記載の液体容器。

【請求項 21】前記壁部の、前記キャビティ部に隣接する領域は、前記液体に対する親液性を有していることを特徴とする請求項 20 に記載の液体容器。

【請求項 22】前記壁部の、前記キャビティ部に隣接する領域は、前記液体に対する疎液性を有していることを特徴とする請求項 20 に記載の液体容器。

【請求項 23】圧電素子からの逆起電力信号に基づいて液体消費状態を検出する液体消費状態検出部を更に備えたことを特徴とする請求項 15 乃至 22 のいずれかに記載の液体容器。

【請求項 24】液体消費状態検出部によって検出された液体消費状態を記憶する記憶部を更に備えたことを特徴とする請求項 23 に記載の液体容器。

【請求項 25】請求項 23 または 24 に記載の液体容器と、  
液体容器に接続され、液体容器内に収容されている液体を消費する液体消費本体部と、  
を備えたことを特徴とする液体消費装置。

【請求項 26】液体容器の収容空間に液体を補充する液体補充装置と、

液体消費状態検出部によって検出された液体容器の液体消費状態に基づいて、液体補充装置を制御する補充制御部と、を更に備えたことを特徴とする請求項 25 に記載の液体消費装置。

【請求項 27】液体消費状態検出部によって検出された液体容器の液体消費状態に基づいて、液体消費本体部における液体の消費動作を制御する制御回路部を更に備えたことを特徴とする請求項 25 または 26 に記載の液体消費装置。

【請求項 28】液体消費状態検出部によって検出された液体消費状態を記憶する記憶部と、  
記憶部によって記憶された液体容器の液体消費状態に基づいて、液体消費本体部における液体の消費動作を制御する制御回路部と、を備えたことを特徴とする請求項 25 または 26 に記載の液体消費装置。

【請求項 29】請求項 1 乃至 5 のいずれかに記載の液体消費状態検出部を制御する制御装置であって、  
圧電素子に駆動信号を与え、液体消費状態検出部に液体消費状態を検出させることを特徴とする制御装置。

【請求項 30】少なくとも 1 台のコンピュータを含むコンピュータシステムによって実行されて、前記コンピュータシステムに請求項 29 に記載の制御装置を実現させるプログラムを記録したコンピュータ読取り可能な記録媒体。

【請求項 31】少なくとも 1 台のコンピュータを含むコンピュータシステム上で動作する第 2 のプログラムを制御する命令が含まれており、

前記コンピュータシステムによって実行されて、前記第 2 のプログラムを制御して、前記コンピュータシステムに請求項 29 に記載の制御装置を実現させるプログラムを記録したコンピュータ読取り可能な記録媒体。

【請求項 32】少なくとも 1 台のコンピュータを含むコンピュータシステムによって実行されて、前記コンピュータシステムに請求項 28 に記載の制御装置を実現させるプログラム。

【請求項 33】少なくとも 1 台のコンピュータを含むコンピュータシステム上で動作する第 2 のプログラムを制御する命令が含まれており、

前記コンピュータシステムによって実行されて、前記第 2 のプログラムを制御して、前記コンピュータシステムに請求項 29 に記載の制御装置を実現させるプログラム。

【請求項 34】請求項 18 乃至 22 のいずれかに記載の液体容器を製造する方法であって、  
振動部の液体収容空間に対して露出する部分を、前記液体に対する親液性を有する部分として構成する親液部形成工程と、  
前記親液部形成工程の後で、液体消費状態検出部を壁部に取り付ける搭載工程と、を備えたことを特徴とする方法。

【請求項 35】請求項 18 乃至 22 のいずれかに記載の液体容器を製造する方法であって、液体消費状態検出器を壁部に取り付ける搭載工程と、前記搭載工程の後で、振動部の液体収容空間に対して露出する部分に、前記液体に対する親液性を付与する親液部形成工程と、を備えたことを特徴とする方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、音響インピーダンスの変化を検出することで、とりわけ、共振周波数の変化を検出することで、インク等の液体の消費状態を検知することができる液体消費状態検出器に関するものである。

【0002】

【従来の技術】インクジェット記録装置においては、圧力発生室を加圧する圧力発生手段と、加圧されたインクをインク滴として吐出するノズル開口と、を有するインクジェット記録ヘッドが、キャリッジに搭載されている。

【0003】インクジェット記録装置では、インクタンク内のインクが流路を介して記録ヘッドに供給され続けることにより、印刷を継続可能に構成されている。インクタンクは、例えばインクが消費された時点でユーザが簡単に交換できる、着脱可能なカートリッジとして構成されている。

【0004】従来、インクカートリッジのインク消費の管理方法としては、記録ヘッドでのインク滴の吐出数やメンテナンスにより吸引されたインク量をソフトウェアにより積算してインク消費を計算により管理する方法や、インクカートリッジに液面検出用の電極を取付けることにより実際にインクが所定量消費された時点进行管理する方法などがある。

【0005】ソフトウェアによりインク滴の吐出数やインク量を積算してインク消費を計算上管理する方法は、検出の為の特別な装置を必要としないのでコスト的メリットが高いが、ユーザサイドでの印刷形態等により誤差が生じ得る。また、同一カートリッジの再装着時において、大きな誤差が生じ得る。また、使用環境により（例えば室温が極端な高温または低温である場合）、あるいは、インクカートリッジの開封後の経過時間などにより、インクカートリッジ内の圧力やインクの粘度が変化して、計算上のインク消費量と実際の消費量との間に無視できない誤差が生じ得る。

【0006】一方、電極によりインクが消費された時点进行管理する方法は、インクの実量を検出できる。このため、インク残量を高い信頼性で管理できる。しかしながら、インクの液面の検出をインクの導電性に頼るので、検出可能なインクの種類が限定されたり、電極のシール構造が複雑化し得る。また、電極の材料としては、通常は導電性が良く耐腐食性も高い貴金属が使用されるの

で、インクカートリッジの製造コストがかさむ。さらに、2本の電極を装着する必要があるため、製造工程が多くなり、結果として製造コストがかさんでしまう。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】特願 2000-147052 号は、上記の課題を解決すべく、液体残量を正確に検出でき、かつ複雑なシール構造を不要とした、液体容器に装着される圧電装置及びモジュール体を開示している。また、特願 2000-146966 号は、そのような圧電装置及びモジュール体に利用され得る検出制御回路を開示している。

【0008】上記案件に記載の圧電装置あるいはモジュール体は、液面の有無を検出可能であることから、液体消費におけるエンド検出のみならず、液体充填作業時における満タン検出にも応用可能である。

【0009】本発明は、このような点を考慮してなされたものであり、液体消費状態の検出をより有効に活用できるような、液体消費状態検出器を提供することを目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】本発明は、再充填可能な液体を収容する収容空間に少なくとも一部が露出すると共に、当該収容空間に対して振動可能な振動部と、駆動信号に基づいて振動部を振動させることが可能であると共に、振動部の振動によって逆起電力信号を発生させる圧電素子と、圧電素子からの逆起電力信号に基づいて液体消費状態を検出する液体消費状態検出部と、を備え、収容空間は、液体を所定量だけ収容可能であって、振動部は、収容空間の前記所定量の液体収容時の液面近傍に設けられていることを特徴とする液体消費状態検出器である。

【0011】本発明によれば、収容空間のいわゆる「満タン」状態の検出が、高い信頼性をもって実現され得る。本発明は、収容空間を「満タン」状態とするような液体補充作業にとって、特に有効である。

【0012】あるいは本発明は、再充填可能な液体を収容する収容空間に少なくとも一部が露出すると共に、当該収容空間に対して振動可能な振動部と、駆動信号に基づいて振動部を振動させることが可能であると共に、振動部の振動によって逆起電力信号を発生させる圧電素子と、圧電素子からの逆起電力信号に基づいて液体消費状態を検出する液体消費状態検出部と、を備え、収容空間は、液体を所定量だけ収容可能であって、振動部及び圧電素子は、収容空間の前記所定量の液体収容時の液面近傍と、収容空間の液体枯渇時の液面近傍と、にそれぞれ設けられていることを特徴とする液体消費状態検出器である。

【0013】本発明によれば、収容空間のいわゆる「満タン」状態及び「液体エンド」状態の検出が、高い信頼性をもって実現され得る。本発明は、「液体エンド」を

検出した後に収容空間を「満タン」状態とするような液体補充作業にとって、特に有効である。

【0014】あるいは本発明は、再充填可能な液体を収容する収容空間に少なくとも一部が露出すると共に、当該収容空間に対して振動可能な振動部と、駆動信号に基づいて振動部を振動させることが可能であると共に、振動部の振動によって逆起電力信号を発生させる圧電素子と、圧電素子からの逆起電力信号に基づいて液体消費状態を検出する液体消費状態検出部と、を備え、振動部及び圧電素子は、収容空間の所定液面の近傍で、当該液面の下と、当該液面の上と、にそれぞれ設けられていることを特徴とする液体消費状態検出器である。

【0015】本発明によれば、収容空間における液面が2組の振動部によって規定される所定区域内に存在するか否かが、高い信頼性をもって検出され得る。本発明は、液面レベルを略一定に維持して液体の水頭圧を略一定に維持すべき場合に、特に有効である。

【0016】液体消費状態検出部は、例えば、逆起電力信号の周波数を測定するようになっている。逆起電力信号の周波数は、収容空間内の物質の共振周波数に対応するため、これによって液体消費状態を簡易かつ正確に検出することができる。

【0017】具体的には、液体消費状態検出部は、逆起電力信号の所定時間の振動回数を計測するカウンタを有しており、当該カウンタにより計測された数値に基づいて、逆起電力信号の周波数を測定するようになっている。

【0018】あるいは、液体消費状態検出部は、逆起電力信号が所定回数だけ振動する間の時間を計測するためのクロックカウンタを有しており、当該クロックカウンタにより計測された時間に基づいて、逆起電力信号の周波数を測定するようになっている。

【0019】その他、好ましくは、振動部の液体収容空間に対して露出する部分は、液体収容空間側から見て対称な形状となっている。そして、圧電素子は、好ましくは、振動部の液体収容空間に対して露出する部分の略中心の位置で、当該振動部の液体収容空間側とは反対側に固定されている。

【0020】特に好ましくは、振動部の液体収容空間に対して露出する部分は、液体容器内面側から見て円形となっている。

【0021】また、好ましくは、圧電素子の振動方向は、振動部の液体収容空間に対して露出する部分に対して略垂直となっている。

【0022】また、好ましくは、振動部の液体収容空間に対して露出する部分は、前記液体に対する親液性を有している。この場合、当該部分に液体が付着することによる誤検出を防止することができる。

【0023】さらには、振動部の液体収容空間に対して露出する部分の周囲を取り囲むように、前記液体に対す

る親液性を有するキャビティ部が設けられていることが好ましい。この場合、当該キャビティ部に液体が存在していて、かつ、当該キャビティ部の外側に液体が存在していない状態を、液体消費状態判定の閾値として設定することができる。この場合、液体消費状態判定の精度が向上される。

【0024】なお、以上のような特徴のいずれかを有する液体消費状態検出器と、液体を収容するための収容空間を区画する壁部と、を備えた液体容器（例えばインクカートリッジ）も、本件の保護対象である。また、液体消費状態検出部が容器外に設けられた液体容器も、本件の保護対象である。

【0025】すなわち、液体を再充填可能に収容するための収容空間を区画する壁部と、再充填可能な液体を収容する収容空間に少なくとも一部が露出すると共に、当該収容空間に対して振動可能な振動部と、駆動信号に基づいて振動部を振動させることが可能であると共に、振動部の振動によって逆起電力信号を発生させる圧電素子と、を備え、収容空間は、液体を所定量だけ収容可能であって、振動部は、収容空間の前記所定量の液体収容時の液面近傍に設けられていることを特徴とする液体容器も、本件の保護対象である。

【0026】また、液体を再充填可能に収容するための収容空間を区画する壁部と、再充填可能な液体を収容する収容空間に少なくとも一部が露出すると共に、当該収容空間に対して振動可能な振動部と、駆動信号に基づいて振動部を振動させることが可能であると共に、振動部の振動によって逆起電力信号を発生させる圧電素子と、を備え、収容空間は、液体を所定量だけ収容可能であって、振動部及び圧電素子は、収容空間の前記所定量の液体収容時の液面近傍と、収容空間の液体枯渇時の液面近傍と、にそれぞれ設けられていることを特徴とする液体容器も、本件の保護対象である。

【0027】また、液体を再充填可能に収容するための収容空間を区画する壁部と、再充填可能な液体を収容する収容空間に少なくとも一部が露出すると共に、当該収容空間に対して振動可能な振動部と、駆動信号に基づいて振動部を振動させることが可能であると共に、振動部の振動によって逆起電力信号を発生させる圧電素子と、を備え、振動部及び圧電素子は、収容空間の所定液面の近傍で、当該液面の下と、当該液面の下と、にそれぞれ設けられていることを特徴とする液体容器も、本件の保護対象である。

【0028】液体容器は、圧電素子からの逆起電力信号に基づいて液体消費状態を検出する液体消費状態検出部を更に有し得る。

【0029】この場合、液体容器は、液体消費状態検出器によって検出された液体消費状態を記憶する記憶部を更に備えることが好ましい。

【0030】また、前記壁部の、振動部の液体収容空間

に対して露出する部分の近傍の領域は、前記液体に対する親液性を有していることが好ましい。

【0031】特に、振動部の液体収容空間に対して露出する部分の周囲を取り囲むように、前記液体に対する親液性を有するキャビティ部が設けられている場合には、前記壁部の前記キャビティ部に隣接する領域が、前記液体に対する親液性を有していることが好ましい。これにより、キャビティ部の全体を覆うような液体付着が防止される。

【0032】あるいは、振動部の液体収容空間に対して露出する部分の周囲を取り囲むように、前記液体に対する親液性を有するキャビティ部が設けられている場合において、逆に、前記壁部の前記キャビティ部に隣接する領域が、前記液体に対する疎液性を有していることが、液体消費状態判定の精度の点において好ましい場合がある。

【0033】なお、親液部を有する液体容器の製造方法としては、振動部の液体収容空間に対して露出する部分を、前記液体に対する親液性を有する部分として構成する親液部形成工程と、前記親液部形成工程の後で、液体消費状態検出器を壁部に取り付ける搭載工程と、を備えた方法が好ましい。あるいは、液体消費状態検出器を壁部に取り付ける搭載工程と、前記搭載工程の後で、振動部の液体収容空間に対して露出する部分に、前記液体に対する親液性を付与する親液部形成工程と、を備えた方法が好ましい。

【0034】さらに、以上のような特徴を有する液体容器と、液体容器に接続され液体容器内に収容されている液体を消費する液体消費本体部と、を備えた液体消費装置（例えばインクジェット記録装置）も、本件の保護対象である。

【0035】この場合、液体消費装置は、液体容器の収容空間に液体を補充する液体補充装置と、液体消費状態検出部によって検出された液体容器の液体消費状態に基づいて液体補充装置を制御する補充制御部と、を更に備えることが好ましい。

【0036】また、液体消費装置は、液体消費状態検出部によって検出された液体容器の液体消費状態に基づいて、液体消費本体部における液体の消費動作を制御する制御回路部を更に備えることが好ましい。

【0037】あるいは、液体消費装置は、液体消費状態検出器によって検出された液体消費状態を記憶する記憶部と、記憶部によって記憶された液体容器の液体消費状態に基づいて、液体消費本体部における液体の消費動作を制御する制御回路部と、を更に備えることが好ましい。

【0038】さらに、以上のような特徴のいずれかを有する液体消費状態検出器を制御する制御装置であって、圧電素子に駆動信号を与え、液体消費状態検出部に液体消費状態を検出させることを特徴とする制御装置も、本

件の保護対象である。

【0039】前記の制御装置あるいは制御装置の各要素手段は、コンピュータシステムによって実現され得る。

【0040】また、コンピュータシステムに各装置または各手段を実現させるためのプログラム及び当該プログラムを記録したコンピュータ読取り可能な記録媒体も、本件の保護対象である。

【0041】ここで、記録媒体とは、フロッピー（登録商標）ディスク等の単体として認識できるものの他、各種信号を伝搬させるネットワークをも含む。

【0042】

【発明の実施の形態】以下、発明の実施の形態を通じて本発明を詳細に説明する。以下の実施形態はクレームにかかる発明を限定するものではなく、又実施形態の中で説明されている特徴の組み合わせの全てが発明の解決手段に必須であるとは限らない。

【0043】本発明の基本的概念は、振動現象を利用することで、液体容器内の液体の状態（液体容器内の液体の有無、液体の量、液体の水位、液体の種類、液体の組成を含む）を検出することである。

【0044】振動現象を利用した液体容器内の液体の状態の具体的な検出方法としてはいくつかの方法が考えられる。例えば、弾性波発生手段により液体容器の内部に対して弾性波を発生し、液面あるいは対向する壁によって反射する反射波を受波することで、液体容器内の媒体およびその状態の変化を検出する方法がある。また、振動する物体の振動特性から音響インピーダンスの変化を検知する方法もある。

【0045】音響インピーダンスの変化を利用する方法としては、圧電素子を有する圧電装置またはアクチュエータの振動部を振動させ、その後、振動部に残留する残留振動によって生ずる逆起電力を測定することによって、共振周波数または逆起電力波形の振幅を検出することで音響インピーダンスの変化を検知する方法がある。あるいは、測定機、例えば伝送回路等のインピーダンスアナライザによって、液体のインピーダンス特性またはアドミタンス特性を測定し、電流値や電圧値の変化、または、振動を液体に与えたときの電流値や電圧値の周波数による変化を測定する方法がある。

【0046】以下、圧電装置またはアクチュエータの動作原理の詳細について説明する。図1および図2は、圧電装置の一実施形態であるアクチュエータ106の詳細および等価回路を示す。

【0047】このアクチュエータ106は、少なくとも音響インピーダンスの変化を検知して、液体容器内の液体の消費状態を検出する方法に用いられる。特に、残留振動により共振周波数を検出することで音響インピーダンスの変化を検知して、液体容器内の液体の消費状態を検出する方法に用いられる。

【0048】図1(A)は、アクチュエータ106の拡

大平面図である。図1(B)は、アクチュエータ106のB-B断面を示す。図1(C)は、アクチュエータ106のC-C断面を示す。さらに図2(A)および図2(B)は、アクチュエータ106の等価回路を示す。また、図2(C)および図2(D)は、それぞれインクカートリッジ内にインクが満たされているときのアクチュエータ106を含む周辺およびその等価回路を示し、図2(E)および図2(F)は、それぞれインクカートリッジ内にインクが無いときのアクチュエータ106を含む周辺およびその等価回路を示す。

【0049】アクチュエータ106は、ほぼ中央に円形状の開口161を有する基板178と、開口161を被覆するように基板178の一方の面(以下、表面という)に配置される振動板176と、振動板176の表面の側に配置される圧電層160と、圧電層160を両方からはさみこむ上部電極164および下部電極166と、上部電極164と電気的に結合する上部電極端子168と、下部電極166と電気的に結合する下部電極端子170と、上部電極164および上部電極端子168の間に配設され両者を電気的に結合する補助電極172と、を有する。

【0050】圧電層160、上部電極164および下部電極166は、それぞれの主要部としての円形部分を有する。そして、圧電層160、上部電極164および下部電極166のそれぞれの円形部分が、圧電素子を形成している。

【0051】振動板176は、基板178の表面に、開口161を覆うように形成される。

【0052】キャビティ162は、開口161と面する振動板176の部分と基板178の開口161とによって形成される。圧電素子とは反対側の基板178の面(以下、裏面という)は、液体容器内方に面している。これにより、キャビティ162は液体と接触するように構成されている。なお、キャビティ162内に液体が入っても基板178の表面側に液体が漏れないように、振動板176は基板178に対して液密に取り付けられている。

【0053】下部電極166は、振動板176の表面(液体容器とは反対側の面)に位置している。下部電極166の主要部である円形部分の中心と開口161の中心とは、ほぼ一致するように取り付けられている。なお、下部電極166の円形部分の面積は、開口161の面積よりも小さくなるように設定されている。

【0054】一方、下部電極166の表面側には、圧電層160が、その円形部分の中心と開口161の中心とがほぼ一致するように配置(形成)されている。この場合、圧電層160の円形部分の面積は、開口161の面積よりも小さく、かつ、下部電極166の円形部分の面積よりも大きくなるように設定されている。

【0055】一方、圧電層160の表面側には、上部電

極164が、その主要部である円形部分の中心と開口161の中心とがほぼ一致するように配置(形成)されている。上部電極164の円形部分の面積は、開口161および圧電層160の円形部分の面積よりも小さく、かつ、下部電極166の円形部分の面積よりも大きくなるよう設定されている。

【0056】したがって、圧電層160の主要部は、上部電極164の主要部と下部電極166の主要部とによって、それぞれ表面側と裏面側とから挟みこまれる構造となっている。これにより、圧電層160は効果的に変形駆動され得る。圧電層160、上部電極164および下部電極166のそれぞれの主要部である円形部分が、アクチュエータ106における圧電素子を形成する。

【0057】上述のように、このような圧電素子は振動板176に接している。また、上部電極164の円形部分、圧電層160の円形部分、下部電極166の円形部分および開口161のうち、面積が最も大きいのは開口161である。このような構造のために、振動板176のうち実際に振動する振動領域は、開口161によって決定される。

【0058】また、上部電極164の円形部分、圧電層160の円形部分および下部電極166の円形部分の各面積が、開口161の面積より小さいことにより、振動板176がより振動しやすくなっている。

【0059】さらに、圧電層160と電気的に接続する下部電極166の円形部分および上部電極164の円形部分のうち、下部電極166の円形部分の方が小さい。従って、下部端子166の円形部分が、圧電層160のうちで圧電効果を発生する部分を決定する。

【0060】圧電素子を形成する圧電層160、上部電極164、及び下部電極166の円形部分は、その中心が、開口部161の中心とほぼ一致している。また、振動板176の振動部分を決定する円形状の開口部161の中心は、アクチュエータ106の全体のほぼ中心に位置している。したがって、アクチュエータ106の振動部の中心は、アクチュエータの中心とほぼ一致する。

【0061】更に、圧電素子の主部及び振動板176の振動部分が、円形な形状を有するので、アクチュエータ106の振動部は、アクチュエータ106の中心に対して対称な形状である。

【0062】振動部が、アクチュエータ106の中心に対して対称な形状であるので、構造の非対称性から生じ得る不要な振動を励起することがない。このため、共振周波数の検出精度が向上する。

【0063】更に、振動部が、アクチュエータ106の中心に対して対称な形状であるので、製造が容易であり、圧電素子ごとの形状のばらつきを小さくできる。したがって、圧電素子ごとの共振周波数のばらつきが小さくなる。

【0064】また、振動部が円形(等方的な形状)であ



るので、接着の際に固定のばらつきの影響を受けにくく、液体容器に均等に接着され得る。すなわち、アクチュエータ106の液体容器への実装性がよい。

【0065】更に、振動板176の振動部分が円形な形状を有するので、圧電層160の残留振動の共振モードにおいて、低次、例えば一次の共振モードが支配的となる。すなわち、残留振動の共振モードにおいて、単一のピークが出現する。そのため、ピークとノイズとを、明確に区別することができるので、残留振動の共振周波数を精度良く検出することができる。

【0066】また、円形形状の振動板176の振動部分の面積を大きくすることによって、逆起電力波形の振幅及び液体の有無による共振周波数の変化率が大きくなり、共振周波数の検出の精度を更に向上できる。

【0067】アクチュエータ106は、コンプライアンスの小さい（振動によって変位しにくい）基板178と、コンプライアンスの大きい（振動によって変位しやすい）振動板176との2層構造を有する。この2層構造によって、基板178によって液体容器に確実に固定されながら、かつ、振動板176の変位を大きくできる。このため、逆起電力波形の振幅及び液体の有無による共振周波数の変化率が大きくなり、共振周波数の検出の精度が向上できる。

【0068】更に、振動板176のコンプライアンスが大きいので、振動の減衰が小さくなり、共振周波数の検出の精度が向上できる。

【0069】また、アクチュエータ106の振動の節は、キャビティ162の外周部、すなわち、開口部161の縁付近に位置する。

【0070】上部電極端子168は、補助電極172を介して上部電極164と電気的に接続するように、振動板176の表面側に形成されている。一方、下部電極端子170は、下部電極166に電気的に接続するように、振動板176の表面側に形成されている。上部電極164は、圧電層160の表面側に形成されるため、上部電極端子168と接続する途中において、圧電層160の厚さと下部電極166の厚さとの和に等しい段差を有する必要がある。上部電極164だけでこの段差を形成することは難しい。かりに上部電極164だけで段差を形成することが可能であったとしても、上部電極164と上部電極端子168との接続状態が弱くなってしまう、切断してしまう危険がある。そこで、補助電極172を補助部材として用いて、上部電極164と上部電極端子168とを接続させている。このようにすることで、圧電層160も上部電極164も補助電極172に支持された構造となり、所望の機械的強度を得ることができ、また、上部電極164と上部電極端子168との接続を確実にすることが可能となる。

【0071】なお、圧電素子と振動板176のうちの圧電素子に直面する振動領域とが、アクチュエータ106

において実際に振動する振動部である。また、アクチュエータ106に含まれる部材は、互いに焼成されることによって、一体的に形成されていることが好ましい。アクチュエータ106を一体的に形成することによって、アクチュエータ106の取り扱いが容易になる。

【0072】さらに、基板178の強度を高めることによって、振動特性が向上し得る。即ち、基板178の強度を高めることによって、アクチュエータ106の振動部のみが振動し、アクチュエータ106のうち振動部以外の部分が振動しない。また、アクチュエータ106の振動部以外の部分が振動しないためには、基板178の強度を高めることに加えて、アクチュエータ106の圧電素子を薄くかつ小さくすると共に、振動板176を薄くすることも有効である。

【0073】圧電層160の材料としては、ジルコン酸チタン酸鉛（PZT）、ジルコン酸チタン酸鉛ランタン（PLZT）、または、鉛を使用しない鉛レス圧電膜、を用いることが好ましい。基板178の材料としては、ジルコニアまたはアルミナを用いることが好ましい。また、振動板176には、基板178と同じ材料を用いることが好ましい。上部電極164、下部電極166、上部電極端子168および下部電極端子170は、導電性を有する材料、例えば、金、銀、銅、プラチナ、アルミニウム、ニッケルなどの金属を用いることができる。

【0074】上述したように構成されるアクチュエータ106は、液体を収容する容器に適用することができる。例えば、インクジェット記録装置に用いられるインクカートリッジやインクタンク、あるいは、記録ヘッドを洗浄するための洗浄液を収容した容器、などに装着することができる。

【0075】図1および図2に示されるアクチュエータ106は、液体容器の所定の場所に、キャビティ162が液体容器内に収容される液体と接触するように装着される。液体容器に液体が十分に収容されている場合には、キャビティ162内およびその外側は液体によって満たされている。

【0076】一方、液体容器の液体が消費され、アクチュエータの装着位置以下まで液面が降下すると、キャビティ162内に液体が存在しない状態となる、あるいは、キャビティ162内にのみ液体が残存されその外側には気体が存在する状態となる。

【0077】アクチュエータ106は、この状態の変化に起因する、少なくとも音響インピーダンスの相違を検出する。それによって、アクチュエータ106は、液体容器に液体が十分に収容されている状態であるか、あるいは、ある一定以上の液体が消費された状態であるかを検知することができる。さらに、アクチュエータ106は、液体容器内の液体の種類も検出することが可能である。

【0078】ここで、アクチュエータによる液面検出の



原理について説明する。媒体の音響インピーダンスの変化を検出するためには、媒体のインピーダンス特性またはアドミタンス特性を測定する。インピーダンス特性またはアドミタンス特性を測定する場合には、例えば伝送回路を利用することができる。伝送回路は、媒体に一定振幅の周期電圧を印加し、その周波数を変えて媒体に流れる電流を測定する。あるいは、伝送回路は、媒体に一定振幅の周期電流を供給し、その周波数を変えて媒体の電圧を測定する。伝送回路で測定された電流値または電圧値の変化が、音響インピーダンスの変化を示す。また、電流値または電圧値が極大または極小となる周波数 $f_m$ の変化も、音響インピーダンスの変化を示す。

【0079】上記の方法とは別に、アクチュエータ106は、液体の音響インピーダンスの変化を共振周波数の変化を用いて検出することができる。共振周波数は、例えばアクチュエータの振動部が振動した後に振動部に残留する残留振動によって生ずる逆起電力を測定することによって、検出することができる。この場合、例えば前記のような圧電素子を利用することができる。

【0080】前記の圧電素子は、アクチュエータの振動部に残留する残留振動により逆起電力を発生する。逆起電力の大きさは、アクチュエータの振動部の振幅によって変化する。従って、アクチュエータの振動部の振幅が大きいほど、検出が容易である。また、アクチュエータの振動部における残留振動の周波数によって、逆起電力の大きさが変化する周期が変わる。すなわち、アクチュエータの振動部の周波数は、逆起電力の周波数に対応する。ここで、共振周波数は、アクチュエータの振動部と振動部に接する媒体との共振状態における周波数をいう。

【0081】共振周波数 $f_s$ を得るために、振動部と媒体とが共振状態であるときの逆起電力測定によって得られた波形を、フーリエ変換する。アクチュエータの振動は、一方向だけの変形ではなく、たわみや伸長等様々な変形をともなうので、共振周波数 $f_s$ を含め様々な周波数を有する。よって、圧電素子（振動部）と媒体とが共振状態であるときの逆起電力の波形をフーリエ変換し、最も支配的な周波数成分を特定することで、共振周波数 $f_s$ を判断する。

【0082】媒体のアドミタンスが極大またはインピーダンスが極小であるときの周波数 $f_m$ は、媒体の誘電損失または機械的損失などによって、共振周波数 $f_s$ に対しわずかに異なる。しかし、実測される周波数 $f_m$ から共振周波数 $f_s$ を導出することは手間がかかるため、一般には、周波数 $f_m$ を共振周波数 $f_s$ の代わりに使用する。ここで、アクチュエータ106の出力を伝送回路に入力することで、アクチュエータ106は少なくとも音響インピーダンスを検出することができる。

【0083】なお、媒体のインピーダンス特性またはアドミタンス特性を測定して周波数 $f_m$ を測定する方法

と、アクチュエータの振動部における残留振動によって生ずる逆起電力を測定することによって共振周波数 $f_s$ を測定する方法、によって特定される共振周波数には、差がほとんど無いことが実験によって証明されている。

【0084】アクチュエータ106の振動領域は、振動板176のうち開口161によって決定されるキャビティ162を構成する部分である。液体容器内に液体が十分に収容されている場合には、キャビティ162内には、液体が満たされ、振動領域は液体容器内の液体と接触している。一方で、液体容器内に液体が充分にない場合には、振動領域は液体容器内のキャビティに残った液体と接するか、あるいは、液体と接触せず、気体または真空と接触する。

【0085】本発明のアクチュエータ106において、キャビティ162を設けた理由は次の通りである。

【0086】アクチュエータ106の液体容器への取り付け位置や取り付け角度によっては、液体容器内の液体の液面がアクチュエータの装着位置よりも下方にあるにもかかわらず、アクチュエータの振動領域に液体が付着してしまう場合がある。振動領域における液体の有無だけから液体の有無を検出する場合には、このようにアクチュエータの振動領域に付着する液体が液体の有無の正確な検出を妨げる。

【0087】たとえば、液面がアクチュエータの装着位置よりも下方にある状態のとき、キャリッジの往復移動などにより液体容器が揺動して液体が波うち、振動領域に液滴が付着してしまうと、アクチュエータは液体容器内に液体が充分にあるとの誤った判断をしてしまう。

【0088】そこで、アクチュエータ106では、振動領域に液体が残存している場合であっても液体の有無を正確に検出するようにキャビティを積極的に設けることで、液体容器が揺動して液面が波立ったととしても、アクチュエータの誤動作を防止することができる。このように、キャビティを有するアクチュエータを用いることで、誤動作を防ぐことができる。

【0089】また、図2(E)に示すように、液体容器内に液体が無く、アクチュエータ106のキャビティ162に液体が残っている場合を、液体の有無の閾値とする。すなわち、キャビティ162の周辺に液体が無く、この閾値よりキャビティ内の液体が少ない場合は、インク無しと判断し、キャビティ162の周辺に液体があり、この閾値より液体が多い場合は、インク有りと判断する。

【0090】例えば、アクチュエータ106を液体容器の側壁に装着した場合、液体容器内の液体がアクチュエータの装着位置よりも下にある場合をインク無しと判断し、液体容器内の液体がアクチュエータの装着位置より上にある場合をインク有りと判断する。

【0091】このように閾値を設定することによって、キャビティ内のインクが乾燥してインクが無くなったと

10

20

30

40

50

きであってもインク無しと判断することができ、キャビティ内のインクが無くなったところにキャリッジの揺れなどで再度インクがキャビティに付着しても（閾値を越えないので）インク無しと判断することができる。

【0092】ここで、図1および図2を参照しながら、逆起電力の測定により得られる媒体とアクチュエータ106の振動部との共振周波数から、液体容器内の液体の状態を検出する動作および原理について説明する。

【0093】アクチュエータ106において、上部電極端子168および下部電極端子170を介して、それぞれ上部電極164および下部電極166に電圧を印加する。このため、圧電層160のうち、上部電極164および下部電極166に挟まれた部分に電界が生じる。この電界によって、圧電層160は変形する。圧電層160が変形することによって、振動板176のうちの振動領域がたわみ振動する。圧電層160が変形した後しば

$$f_s = 1 / (2 \times \pi \times (M \times C_{act})^{1/2})$$

(式1)

で表される。ここで、Mは振動部のイナータンスMactと付加イナータンスM'との和である。Cactは振動部のコンプライアンスである。

【0096】図1(C)は、本実施例において、キャビティ162にインクが残存していないときのアクチュエータ106の断面図である。図2(A)および図2(B)\*

$$M_{act} = M_{pzt} + M_{electrode1} + M_{electrode2} + M_{vib}$$

(式2)

と表される。

【0098】ここで、M<sub>pzt</sub>は、振動部における圧電層160の厚さと圧電層160の密度との積を圧電層160の面積で除したものである。M<sub>electrode1</sub>は、振動部における上部電極164の厚さと上部電極164の密度との積を上部電極164の面積で除したものである。M<sub>electrode2</sub>は、振動部における下部電極166の厚さと下部電極166の密度との積を下部電極166の面積で除したものである。M<sub>vib</sub>は、振動部における振動板176の厚さと振動板176の密度との積を振動板176の振動領域の面積で除したものである。

【0099】ただし、Mactを振動部全体としての厚さ、密度および面積から算出することができるよう、圧電層160、上部電極164、下部電極166および振動板176の振動領域のそれぞれの面積は、上述のような大小関係を有するものの、相互の面積の差は微小であることが好ましい。

【0100】また、本実施例において、圧電層160、上部電極164および下部電極166においては、それ★

$$1/C_{act} = (1/C_{pzt}) + (1/C_{electrode1}) + (1/C_{electrode2}) + (1/C_{vib})$$

(式3)

式2および式3より、図2(A)は、図2(B)のように表すこともできる。

【0102】コンプライアンスCactは、単位面積に圧力をかけたときの変形によって受容できる媒体の体積を表す。すなわち、コンプライアンスCactは、変形のし

\* しくは、たわみ振動がアクチュエータ106の振動部に残留する。

【0094】残留振動は、アクチュエータ106の振動部と媒体との自由振動である。従って、圧電層160に印加する電圧をパルス波形あるいは矩形波とすることで、電圧を印加した後の振動部と媒体との共振状態を容易に得ることができる。残留振動は、アクチュエータ106の振動部の振動であり、圧電層160の変形を伴う。このため、圧電層160は逆起電力を発生する。この逆起電力は、上部電極164、下部電極166、上部電極端子168および下部電極端子170を介して検出される。検出された逆起電力によって、共振周波数が特定できる。この共振周波数に基づいて、液体容器内の液体の状態を検出することができる。

【0095】一般に、共振周波数f<sub>s</sub>は、

\* は、キャビティにインクが残存していないときのアクチュエータ106の振動部およびキャビティ162の等価回路である。

【0097】Mactは、振動部の厚さと振動部の密度との積を振動部の面積で除したものであり、詳細には、図2(A)に示すように、

★らの主要部である円形部分以外の部分は、主要部に対して無視できるほど微小であることが好ましい。従って、アクチュエータ106において、Mactは、上部電極164、下部電極166、圧電層160および振動板176のうちの振動領域のそれぞれのイナータンスの和である。また、コンプライアンスCactは、上部電極164、下部電極166、圧電層160および振動板176のうちの振動領域によって形成される部分のコンプライアンスである。

【0101】尚、図2(A)、図2(B)、図2(D)、図2(F)は、アクチュエータ106の振動部およびキャビティ162の等価回路を示すが、これらの等価回路において、Cactはアクチュエータ106の振動部のコンプライアンスを示す。C<sub>pzt</sub>、C<sub>electrode1</sub>、C<sub>electrode2</sub>およびC<sub>vib</sub>は、それぞれ、振動部における圧電層160、上部電極164、下部電極166および振動板176のコンプライアンスを示す。Cactは、以下の式3で表される。

易さを表す。

【0103】図2(C)は、液体容器に液体が十分に収容され、アクチュエータ106の振動領域の周辺に液体が満たされている場合のアクチュエータ106の断面図を示す。図2(C)のM' maxは、液体容器に液体が十分

に收容され、アクチュエータ106の振動領域の周辺に液体が満たされている場合の付加イナータンス（付加質量\*

$$M'_{\max} = (\pi \times \rho / (2 \times k^2)) \times (2 \times (2 \times k \times a)^3 / (3 \times \pi)) / (\pi \times a^2)^2 \quad (\text{式4})$$

（aは振動部の半径、 $\rho$ は媒体の密度、kは波数である。）で表される。

【0104】尚、式4は、アクチュエータ106の振動領域が半径aの円形である場合に成立する。付加イナータンスM'は、振動部の付近にある媒体によって、振動部の質量が見かけ上増加していることを示す量である。式4からわかるように、M' maxは、振動部の半径aと媒体の密度 $\rho$ とによって、大きく変化する。

【0105】波数kは、

$$k = 2 \times \pi \times f_{\text{act}} / c \quad (\text{式5})$$

（factは、振動部の共振周波数である。cは、媒体中を伝播する音響の速度である。）で表される。

【0106】図2（D）は、液体容器に液体が十分に收容され、アクチュエータ106の振動領域の周辺に液体が満たされている図2（C）の場合のアクチュエータ106の振動部およびキャピティ162の等価回路を示す。

【0107】図2（E）は、液体容器の液体が消費され、アクチュエータ106の振動領域の周辺に液体が無いものの、アクチュエータ106のキャピティ162内には液体が残存している場合のアクチュエータ106の断面図を示す。

【0108】式4は、液体容器に液体が満たされている場合に、インクの密度 $\rho$ などから決定される最大のイナータンスM' maxを表す式である。一方、液体容器内の液体が消費され、キャピティ162内に液体が残留しつつアクチュエータ106の振動領域の周辺にある液体が気体または真空中に置換された場合等の付加イナータンスM'は、一般的に、

$$M' = \rho \times t / S \quad (\text{式6})$$

と表せる（より詳しくは、後述の式8参照）。ここで、tは振動にかかわる媒体の厚さである。Sは、アクチュエータ106の振動領域の面積である。振動領域が半径aの円形の場合は、 $S = \pi \times a^2$ である。

【0109】従って、付加イナータンスM'は、液体容器に液体が十分に收容され、アクチュエータ106の振動領域の周辺に液体が満たされている場合には、式4に従う。一方で、液体が消費され、キャピティ162内に液体が残留しつつアクチュエータ106の振動領域の周辺にある液体が気体または真空中に置換された場合には、式6に従う。

【0110】ここで、図2（E）のように、液体容器の液体が消費され、アクチュエータ106の振動領域の周辺に液体が無いものの、アクチュエータ106のキャピティ162内には液体が残存している場合の付加イナータンスM'を、便宜的にM' cavとし、アクチュエータ106の振動領域の周辺に液体が満たされている場合の

\*量（振動領域の振動に影響を及ぼす質量）を面積の2乗で除したものの）の最大値を表す。M' maxは、

付加イナータンスM' maxと区別する。

【0111】図2（F）は、液体容器の液体が消費され、アクチュエータ106の振動領域の周辺に液体が無いものの、アクチュエータ106のキャピティ162内には液体が残存している図2（E）の場合のアクチュエータ106の振動部およびキャピティ162の等価回路を示す。

【0112】ここで、媒体の状態に関するパラメータは、式6において、媒体の密度 $\rho$ および媒体の厚さtである。液体容器内に液体が十分に收容されている場合は、アクチュエータ106の振動部に液体が接触する。一方、液体容器内に液体が十分に收容されていない場合は、キャピティ内部に液体が残存するか、もしくは、アクチュエータ106の振動部に気体または真空中が接触する。アクチュエータ106の周辺の液体が消費され、図2（C）のM' maxから図2（E）のM' cavへ移行する過程における付加イナータンスM' varは、液体容器内の液体の收容状態によって媒体の密度 $\rho$ や媒体の厚さtが変化することに伴って変化する。これにより、共振周波数fsも変化する。従って、共振周波数fsを特定することによって、液体容器内の液体の收容状態（有無）を検出することができる。

【0113】ここで、図2（E）に示すようにt=dとした場合、式6を用いてM' cavを表すと、式6のtにキャピティの深さdを代入し、

$$M'_{\text{cav}} = \rho \times d / S \quad (\text{式7})$$

となる。

【0114】また、媒体が互いに種類の異なる液体であれば、組成の違いによって密度 $\rho$ が異なるため、付加イナータンスM'及び共振周波数fsが異なる。従って、共振周波数fsを特定することで、液体の種類を検出できる。

【0115】図3（A）は、インクタンク内のインクの量とインクおよび振動部の共振周波数fsとの関係を示すグラフである。ここでは液体の1例としてインクについて説明する。縦軸は、共振周波数fsを示し、横軸は、インク量を示す。インク組成が一定であるとき、インク残量の低下に伴い、共振周波数fsは、上昇する。

【0116】インク容器にインクが十分に收容され、アクチュエータ106の振動領域の周辺にインクが満たされている場合には、その最大付加イナータンスM' maxは、式4に表わされる値となる。一方で、インクが消費され、キャピティ162内に液体が残留しつつアクチュエータ106の振動領域の周辺にインクが満たされていないときには、付加イナータンスM' varは、媒体の厚さtに基づいて式6によって算出される。式6中のtは、振動にかかわる媒体の厚さであるから、液体が残留

するアクチュエータ106のキャピティ162のd(図1(B)参照)を小さく、即ち、基板178を十分に薄くすることによって、インクが徐々に消費されていく過程を検出することもできる(図2(C)参照)。ここで、 $t_{ink}$ は振動にかかわるインクの厚さとし、 $t_{ink-max}$ は $M'_{max}$ における $t_{ink}$ とする。

【0117】例えば、アクチュエータ106は、インクカートリッジの底面にインクの液面に対してほぼ水平に配置される。この場合、インクが消費され、インクの液面がアクチュエータ106から $t_{ink-max}$ の高さ以下になると、式6により $M'_{var}$ が徐々に変化し、式1により共振周波数 $f_s$ が徐々に変化する。従って、インクの液面が $t$ の範囲内にある限り、アクチュエータ106はインクの消費状態を徐々に検出することができる。

【0118】あるいは、インクカートリッジの側壁に、アクチュエータ106はインクの液面に対してほぼ垂直に配備され得る。この場合、インクが消費され、インクの液面がアクチュエータ106の振動領域に達すると、水位の低下に伴い付加イナータンス $M'$ が減少する。これにより、式1により共振周波数 $f_s$ が徐々に増加する。従って、インクの液面がキャピティ162の直径2a(図2(C)参照)の範囲内にある限り、アクチュエータ106はインクの消費状態を徐々に検出することができる。

\*

$$M' = M'_{air} + M'_{ink} = \rho_{air} \times t_{air} / S + \rho_{ink} \times t_{ink} / S \quad (\text{式8})$$

となる。ここで、 $M'_{air}$ は空気のイナータンスであり、 $M'_{ink}$ はインクのイナータンスである。 $\rho_{air}$ は空気の密度であり、 $\rho_{ink}$ はインクの密度である。 $t_{air}$ は振動にかかわる空気の厚さであり、 $t_{ink}$ は振動にかかわるインクの厚さである。

【0122】アクチュエータ106の振動領域周辺における振動にかかわる媒体のうち、液体が減少して気体が増加するに従い、アクチュエータ106がインクの液面に対しほぼ水平に配備されている場合には、 $t_{air}$ が増加し、 $t_{ink}$ が減少する。それによって、 $M'_{var}$ が徐々に減少し、共振周波数が徐々に増加する。よって、インクタンク内に残存しているインクの量またはインクの消費量を検出することができる。尚、式7において液体の※

$$1/M' = 1/M'_{air} + 1/M'_{ink} = S_{air} / (\rho_{air} \times t_{air}) + S_{ink} / (\rho_{ink} \times t_{ink})$$

)

となる。

【0124】尚、式9は、アクチュエータ106のキャピティにインクが保持されない場合に適用される。アクチュエータ106のキャピティにインクが保持される場合の付加イナータンスについては、式9による $M'$ と式7の $M'_{cav}$ との和によって計算することができる。

【0125】アクチュエータ106の振動は、 $t_{ink-max}$ の深さからインクの残留する深さ(d)まで変化するので、インクの残留する深さが $t_{ink-max}$ よりわずかに

\*【0119】図3(A)の曲線Xは、底面に配置されたアクチュエータ106のキャピティ162を十分に浅くした場合や、側壁に配置されたアクチュエータ106の振動領域を十分に大きくまたは長くした場合の、インクタンク内に收容されたインクの量とインクおよび振動部の共振周波数 $f_s$ との関係を表わしている。インクタンク内のインクの量が減少するとともに、インクおよび振動部の共振周波数 $f_s$ が徐々に変化していく様子が理解できる。

10 【0120】より詳細には、インクが徐々に消費されていく過程を検出することができる場合とは、アクチュエータ106の振動領域の周辺において、互いに密度が異なる液体と気体とがともに存在しかつ振動にかかわる場合である。インクが徐々に消費されていくに従って、アクチュエータ106の振動領域周辺において振動にかかわる媒体は、液体が減少する一方で気体が増加する。

【0121】例えば、アクチュエータ106をインクの液面に対して水平に配備した場合であって、 $t_{ink}$ が $t_{ink-max}$ より小さいときには、アクチュエータ106の振動にかかわる媒体はインクと気体との両方を含む。したがって、アクチュエータ106の振動領域の面積Sを用いて、式4の $M'_{max}$ 以下になった状態をインクと気体の付加質量で表すと、

20

※密度のみの式となっているのは、液体の密度に対して、空気の密度が無視できるほど小さい場合を想定しているからである。

30 【0123】アクチュエータ106がインクの液面に対しほぼ垂直に配備されている場合には、アクチュエータ106の振動領域のうち、アクチュエータ106の振動にかかわる媒体がインクのみ領域と、アクチュエータ106の振動にかかわる媒体が気体のみの領域との並列の等価回路(図示せず)と考えられる。アクチュエータ106の振動にかかわる媒体がインクのみ領域の面積を $S_{ink}$ とし、アクチュエータ106の振動にかかわる媒体が気体のみの領域の面積を $S_{air}$ とすると、

(式9)

小さい程度でアクチュエータ106が底面に配置されている場合には、インクが徐々に減少する過程を検出することは出来ない。この場合、 $t_{ink-max}$ から残留する深さdまでのわずかなインク量変化におけるアクチュエータの振動変化から、インク量が増加したことを検出する。また、側面に配置され、開口部(キャピティ)の径が小さい場合は、開口部を通過する間のアクチュエータの振動変化、すなわち、通過過程のインク量を検出することは難しく、インク液面が開口部より上か下かを検出

50

する。

【0126】例えば、図3(A)の曲線Yは、小さい円形の振動領域の場合におけるインクタンク内のインクの量とインクおよび振動部の共振周波数 $f_s$ との関係を示す。インクタンク内のインクの液面がアクチュエータの装着位置を通過する前後におけるインク量の差 $Q$ の間で、インクおよび振動部の共振周波数 $f_s$ が激しく変化している様子が示される。このことから、インクタンク内にインクが所定量残存しているか否かを2値的に検出することができる。

【0127】アクチュエータ106を用いて液体の有無を検出する方法は、振動板176が液体と直接接触することでインクの有無を検出するので、インクの消費量をソフトウェアによって計算する方法に比べ、検出精度が高い。更に、電極を用いて導電性によりインクの有無を検出する方法は、液体容器への電極の取付位置及びインクの種類によって影響され得るが、アクチュエータ106を用いて液体の有無を検出する方法は、液体容器へのアクチュエータ106の取付位置及びインクの種類によって影響され難い。

【0128】更に、単一のアクチュエータ106を用いて発振と液体の有無の検出との双方を実施することができるので、発振と液体の有無の検出とを異なったセンサを用いて実施する方法と比較して、液体容器に取付けるセンサの数を減少することができる。したがって、液体容器を安価に製造できる。なお、圧電層160の共振周波数を非可聴領域に設定することで、アクチュエータ106の動作中に発生する音を静かにすることが好ましい。

【0129】図3(B)は、インクの密度とインクおよび振動部の共振周波数 $f_s$ との関係の一例を示す。ここでは、液体の例としてインクについて説明しており、「インク満」と「インク空」とは相対的な2状態を意味し、いわゆるインクフル状態とインクエンド状態とを意味するものではない。図3(B)に示すように、インク密度が高い場合、付加イナータンスが大きくなるので共振周波数 $f_s$ が低下する。すなわち、インクの種類によって共振周波数 $f_s$ が異なる。したがって、共振周波数 $f_s$ を測定することによって、インクを再充填する際に、密度の異なるインクが混入されていないか確認することができる。つまり、互いに種類の異なるインクを収容するインクタンクを識別できる。

【0130】続いて、液体容器内の液体が空の状態であってもアクチュエータ106のキャピティ162内に液体が残存するようにキャピティのサイズと形状を設定した時において、液体の状態を正確に検出できる条件を詳述する。アクチュエータ106は、キャピティ162内に液体が満たされている場合に液体の状態を検出できれば、キャピティ162内に液体が満たされていない場合であっても液体の状態を検出できる。

【0131】共振周波数 $f_s$ は、イナータンス $M$ の関数である。イナータンス $M$ は、振動部のイナータンス $M_{act}$ と付加イナータンス $M'$ との和である。ここで、付加イナータンス $M'$ が液体の状態と関係する。付加イナータンス $M'$ は、振動部の付近にある媒体によって振動部の質量が見かけ上増加していることを示す量である。即ち、振動部の振動によって見かけ上媒体を吸収する（振動に関わるイナータンスが増加することによる振動部の質量の増加分をいう。

10 【0132】従って、 $M'_{cav}$ が式4における $M'_{max}$ よりも大きい場合には、見かけ上吸収する媒体は全てキャピティ162内に残存する液体である。よって、液体容器内に液体が満たされている状態と同じである。この場合、振動に関わる媒体は $M'_{max}$ よりも小さくならないので、インクが消費されても変化を検出することが出来ない。

【0133】一方、 $M'_{cav}$ が式4における $M'_{max}$ よりも小さい場合には、見かけ上吸収する媒体はキャピティ162内に残存する液体および液体容器内の気体または真空である。このときには液体容器内に液体が満たされている状態とは異なり $M'$ が変化するので、共振周波数 $f_s$ が変化する。従って、アクチュエータ106は、液体容器内の液体の状態を検出できる。

20 【0134】即ち、液体容器内の液体が空の状態、アクチュエータ106のキャピティ162内に液体が残存する場合に、アクチュエータ106が液体の状態を正確に検出できる条件は、 $M'_{cav}$ が $M'_{max}$ よりも小さいことである。尚、アクチュエータ106が液体の状態を正確に検出できる条件 $M'_{max} > M'_{cav}$ は、キャピティ162の形状にかかわらない。

【0135】ここで、 $M'_{cav}$ は、キャピティ162の容量とほぼ等しい容量の液体の質量イナータンスである。従って、 $M'_{max} > M'_{cav}$ の不等式から、アクチュエータ106が液体の状態を正確に検出できる条件は、キャピティ162の容量の条件として表すことができる。例えば、円形状のキャピティ162の開口161の半径を $a$ とし、およびキャピティ162の深さを $d$ とすると、

$$M'_{max} > \rho \times d / \pi a^2 \quad (\text{式10})$$

40 である。式10を展開すると

$$a/d > 3 \times \pi / 8 \quad (\text{式11})$$

という条件が求められる。従って、式11を満たす開口161の半径 $a$ およびキャピティ162の深さ $d$ であるキャピティ162を有するアクチュエータ106であれば、液体容器内の液体が空の状態であっても、かつ、キャピティ162内に液体が残存する場合であっても、誤作動することなく液体の状態を検出できる。

【0136】尚、式10、式11は、キャピティ162の形状が円形の場合に限り成立する。キャピティ162の形状が円形でない場合、対応する $M'_{max}$ の式を用

い、式10中の $\pi a^2$ をその面積と置き換えて計算すれば、キャピティの幅および長さ等のディメンジョンと深さの関係が導き出せる。

【0137】なお、付加イナータンスM'は音響インピーダンス特性にも影響するので、残留振動によりアクチュエータ106に発生する逆起電力を測定する方法は、少なくとも音響インピーダンスの変化を検出しているともいえる。

【0138】また、本実施例によれば、アクチュエータ106が振動を発生して、その後の残留振動によりアクチュエータ106に発生する逆起電力を測定している。しかし、アクチュエータ106の振動部が駆動電圧による自らの振動によって液体に振動を与えることは必ずしも必要ではない。即ち、振動部が自ら発振しなくても、それと接触しているある範囲の液体と共に振動すれば、圧電層160はたわみ変形する。このたわみ変形が逆起電力電圧を発生させ、上部電極164および下部電極166にその逆起電力電圧を伝達する。この現象を利用することで媒体の状態を検出してもよい。例えば、インクジェット記録装置において、印字時における印字ヘッドの走査によるキャリッジの往復運動に伴って発生するアクチュエータの振動部の周囲の振動を利用して、インクタンクまたはその内部のインクの状態を検出してもよい。

【0139】図4(A)、図4(B)及び図4(C)は、アクチュエータ106を振動させた後の、アクチュエータ106の残留振動の波形と残留振動の測定方法とを示す。インクカートリッジ内のアクチュエータ106の装着位置レベルにおけるインク水位の上下は、アクチュエータ106が発振した後の残留振動の周波数変化や、振幅の変化によって検出することができる。図4(A)乃至図4(C)において、縦軸はアクチュエータ106の残留振動によって発生した逆起電力の電圧を示し、横軸は時間を示す。アクチュエータ106の残留振動によって、図4(A)乃至図4(C)に示すように電圧のアナログ信号の波形が発生する。次に、アナログ信号を、信号の周波数に対応するデジタル数値に変換する。図4(A)乃至図4(C)に示した例においては、アナログ信号の4パルス目から8パルス目までの4個のパルスが生じる時間を計測している。

【0140】より詳細には、アクチュエータ106が発振した後、予め設定された所定の基準電圧を低電圧側から高電圧側へ横切る回数をカウントする。そして、4カウントから8カウントまでの間をHighとしたデジタル信号を生成し、所定のクロックパルスによって4カウントから8カウントまでの時間を計測する。

【0141】図4(A)は、アクチュエータ106の装着位置レベルよりも上位にインク液面があるときの波形である。一方、図4(B)はアクチュエータ106の装着位置レベルにおいてインクが無いときの波形である。

図4(A)と図4(B)とを比較すると、図4(A)の方が図4(B)よりも4カウントから8カウントまでの時間が長いことがわかる。換言すると、インクの有無によって4カウントから8カウントまでの時間が異なる。この時間の相違を利用して、インクの消費状態を検出することができる。

【0142】アナログ波形の4カウント目から数えるのは、アクチュエータ106の振動が安定してから計測をはじめめるためである。4カウント目からとしたのは単なる一例であって、任意のカウントから数えてもよい。ここでは、4カウント目から8カウント目までの信号を検出し、所定のクロックパルスによって4カウント目から8カウント目までの時間を測定している。この時間に基づいて、共振周波数を求めることができる。クロックパルスは、インクカートリッジに取り付けられる半導体記憶装置等を制御するためのクロックと等しいクロックのパルスであることが好ましい。また、8カウント目までの時間を測定する必要は無く、任意のカウントまで数えてもよい。図4においては、4カウント目から8カウント目までの時間を測定しているが、周波数を検出する回路構成にしたがって、異なったカウント間隔内の時間を検出してもよい。

【0143】例えば、インクの品質が安定していてピークの振幅の変動が小さい場合には、検出の速度を上げるために4カウント目から6カウント目までの時間を検出することにより共振周波数を求めてもよい。また、インクの品質が不安定でパルスの振幅の変動が大きい場合には、残留振動を正確に検出するために4カウント目から12カウント目までの時間を検出してもよい。

【0144】また、他の実施例として、所定期間内における逆起電力の電圧波形の波数を数えてもよい(図示せず)。この方法によっても共振周波数を求めることができる。より詳細には、アクチュエータ106が発振した後、所定期間だけHighであるデジタル信号を生成し、当該所定期間において所定の基準電圧を低電圧側から高電圧側へ横切る回数をカウントする。そのカウント数を計測することによってインクの有無を検出できる。

【0145】さらに、図4(A)および図4(B)を比較して分かるように、インクがインクカートリッジ内に満たされている場合とインクがインクカートリッジ内に無い場合とでは、逆起電力波形の振幅が異なる。従って、共振周波数を求めることなく、逆起電力波形の振幅を測定することによって、インクカートリッジ内のインクの消費状態を検出してもよい。

【0146】より詳細には、例えば、図4(A)の逆起電力波形の頂点と図4(B)の逆起電力波形の頂点との間に基準電圧を設定する。アクチュエータ106が発振した後、所定期間だけHighであるデジタル信号を生成し、当該所定期間において逆起電力波形が基準電圧を横切った場合には、インクが無いと判断する。逆起電力波

形が基準電圧を横切らない場合には、インクが有ると判断する。

【0147】図4(C)は、所定のクロックパルスを用いて図4(A)に示したパルス波形の4カウント目から8カウント目までの時間を測定した例を示す。この図において、4カウント目から8カウント目までの間にクロックパルスが5カウント分出現している(実際には、1000カウントから2000カウント分のクロックパルスが出現するが、ここでは説明を簡単にするために少ないクロックパルスで説明する)。クロックパルスは、一定の周期を有するパルスであるので、クロックパルスの個数をカウントすることにより時間を測定することができる。4カウント目から8カウント目までの間の時間を測定することによって、共振周波数を求めることができる。クロックパルスは、逆起電力波形の周期より短い周期を有することが好ましく、例えば逆起電力波形の周波数が400kHz程度の場合、16MHz等の周波数が高いクロックパルスであることが好ましい。

【0148】図5は、アクチュエータ106が音響インピーダンスの変化を検知することで液体容器1内の液体の消費状態を検出し、検出した結果に基づいてインクジェット記録装置を制御するための記録装置制御部2000の構成を示す。

【0149】記録装置制御部2000は、液体容器1のインク収容部(収容空間)ISに装着された2つのアクチュエータ106A及び106Cに対して各アクチュエータ106A、106Cを選択的に駆動する電圧を与え、その結果アクチュエータ106A、106Cが検知する音響インピーダンスの変化から液体の消費状態を検出する液体消費状態検出部1200と、液体消費状態検出部1200が出力する液体有無の検出結果に基づいて記録装置を制御する制御回路部1500と、を備える。

【0150】図5に示すように、2つのアクチュエータ106A及び106Cは、液体消費による液面低下方向に沿って異なる位置に設置されている。この場合、図6に示すように、液体容器1のインク収容部(収容空間)ISにおける満タン時液面の近傍にアクチュエータ106Aが設けられ、液体エンド時液面の近傍にアクチュエータ106Cが設けられている。各アクチュエータ106A、106Cは、それぞれ半導体スイッチSWA、SWCに接続されている。各半導体スイッチSWA、SWCは、例えば制御部1400によって制御されるようになっており、いずれか1つのスイッチが導通状態の時、他のスイッチは非導通状態とすることも可能である。

【0151】制御回路部1500は、液体消費状態検出部1200が出力する液体有無の検出結果に基づいて動作する制御部1400と、制御部1400の指示に基づいて記録装置の動作を制御する記録装置動作制御部1402とを更に備える。制御回路部1500は、記録装置動作制御部1402によりその動作が制御される提示処

理部1404、印刷動作制御部1406、インク補充処理部1408、カートリッジ交換処理部1410、印刷データ記憶処理部1412、及び印字データ記憶部1414を更に備える。

【0152】記録装置制御部2000は、インクジェット記録装置の内部に設けられてもよいが、記録装置制御部2000の一部の機能が外部に設けられてもよい。例えば、制御回路部1500の機能が、記録装置に接続されたコンピュータ等の外部装置に与えられてもよい。さらに、記録装置制御部2000の一部の機能が、プログラムとして記録媒体に格納され供給されてもよい。記録装置制御部2000の一部の機能を記録媒体に格納されたプログラムとして記録装置に接続されたコンピュータに供給することにより、記録装置制御部2000の一部の機能が後日改良された場合、容易に最新の機能を実行するプログラムをコンピュータの記憶媒体に格納し、常に最新の機能を用いて記録装置の動作を制御することができる。

【0153】また、記録装置制御部2000の一部の機能は、プログラムとして、サーバ等の情報処理装置から電気通信回線を介して、記録装置に接続されるコンピュータ等の端末に送信されてもよい。この場合、最新の機能を、容易に電気通信回線を介してサーバから入手してコンピュータの記憶装置に格納することができ、これにより記録装置は常に最新の機能を実行することができる。

【0154】液体消費状態検出部1200は、アクチュエータ106A、106Cを駆動し、音響インピーダンスの変化から液体容器1内の液体の有無を検出する。例えば、液体消費状態検出部1200は、アクチュエータ106A、106Cが残留振動により発生した逆起電力(例えば電圧値)を測定する測定回路部800と、測定回路部800が測定した逆起電力に基いて液体容器1内の液体の有無を表す信号を出力する検出回路部1100と、を有する。

【0155】測定回路部800は、アクチュエータ106A、106Cを駆動する駆動電圧を生成する駆動電圧生成部850を有する。駆動電圧生成部850によって生成される駆動電圧によって、液体容器1に装着されたアクチュエータ106A、106Cのうち、対応するスイッチが制御部1400によって導通状態となっているアクチュエータが駆動し発振される。アクチュエータは駆動発振後も振動し続ける。この残留振動によって、アクチュエータ自身が逆起電力を発生させる。測定回路部800は、アクチュエータが発生した逆起電力の波形のアナログ信号を、同一の周波数を有するデジタル信号に変換してデジタル回路部900に出力する。

【0156】検出回路部1100は、測定回路部800が出力したデジタル信号の一定時間内のパルス数をデジタル的にカウントするデジタル回路部900と、デジ



ル回路部 900 がカウントしたパルス数に基づいて液体の有無を判定する液体有無判定部 1000 と、を有する。

【0157】本実施例においては、デジタル回路部 900 は、図 4 (A) 及び図 4 (B) に示すように、測定回路部 800 が出力した逆起電力波形中の 4 カウント目から 8 カウント目までが High の信号を出力する。更に、図 4 (C) に示すように、デジタル回路部 900 は、上記デジタル信号中の 4 カウント目から 8 カウント目までの High である期間において、所定のクロックパルス (逆起電力波形の周期より短い周期を有する) のパルス数をカウントする。一定の周期を有するクロックパルスのパルス数をカウントすることで、4 カウント目から 8 カウント目までの時間を測定することができる。例えば図 4 (C) では、クロックパルスが 5 カウント分存在し、5 カウントをクロックパルスの周期と掛け合わせることで時間を算出することができる。

【0158】ここでは、説明を簡単にするために低い周波数のクロックパルスを例にして説明しているが、実際には 16MHz 等の周波数が高いクロックパルスが使用される。液体有無判定部 1000 は、デジタル回路部 900 が出力したカウント値に基づいて、液体容器 1 内の液体の有無を判定し、判定結果を制御回路部 1500 へ出力する。

【0159】本実施例においては、複数のアクチュエータ 106A、106C が液面低下方向の異なる位置にそれぞれ装着されているので、それぞれのアクチュエータの装着位置における液体の消費状態を段階的に検出することができる。

【0160】液面が各アクチュエータの取付位置レベルより高いか否かによって、各アクチュエータの出力信号は異なる。例えば、検出される逆起電力の周波数や振幅が大きく変化すれば、それに伴って検出信号が変化する。液体消費状態検出部 1200 は、各検出信号に基づいて、液体の液面が各アクチュエータ 106A 及び 106C の取付位置レベルを通過したか否かを判定できる。検出処理は、例えば予め定められたタイミングで定期的に行われる。

【0161】ここで、液面がアクチュエータの取付位置より低い状態を「液体無し状態」とし、液面がアクチュエータより高い状態を「液体有り状態」とする。液面がアクチュエータを通過すると、「液体有り状態」から「液体無し状態」へ検出結果が変化する。本実施の形態では、液面通過の検知とは、このような検出結果の変化を示す。

【0162】本実施形態の特徴として、制御部 1400 が、インピーダンスの検出に用いるアクチュエータを、液体消費の進行に応じて液体の液面の低下方向に沿って選択する。詳述すると、液体容器 1 の装着直後すなわち液体フル状態では、アクチュエータ 106A のみを使用

すべく、半導体スイッチ SWA のみが導通状態とされる。液体が消費され液面がアクチュエータ 106A を通過すると、アクチュエータ 106A は液体無し状態を検出する。これに応じて、制御部 1400 は、液体検出位置を下段に切り換えるべく、半導体スイッチ SWA を非導通状態とし、半導体スイッチ SWC のみを導通状態とする。液体が消費され液面がアクチュエータ 106C を通過すると、アクチュエータ 106C は液体無し状態を検出する。

【0163】液体消費状態検出部 1200 がアクチュエータ 106C による液体無しの判定結果を出力した場合、低インク量対応処理もしくはインク補充処理を行う。制御部 1400 は、記録装置動作制御部 1402 を制御して所定の低インク量対応処理を行う。低インク量対応処理とは、インクが残り少なくなったことを考慮して、不適切な印刷等の記録装置の動作を禁止または抑制する処理である。記録装置動作制御部 1402 は、制御部 1400 の指示に基づいて、提示処理部 1404、印刷動作制御部 1406、インク補充処理部 1408、カートリッジ交換処理部 1410、あるいは印刷データ記憶処理部 1412 の動作を制御して、低インク量対応処理を実行する。

【0164】提示処理部 1404 は、アクチュエータ 106 により検知される液体容器 1 内の液体の有無に対応する情報を提示する。情報の提示には、ディスプレイ 1416 による表示およびスピーカ 1418 による発報がある。ディスプレイ 1416 は、例えば記録装置の表示パネルや、記録装置に接続されたコンピュータの画面である。あるいは、提示処理部 1404 がスピーカ 1418 と接続されて、アクチュエータ 106 が液体無しを検出すると、報知音がスピーカ 1418 から出力される。スピーカ 1418 は、記録装置のスピーカでもよく、記録装置に接続されたコンピュータ等の外部装置のスピーカでもよい。また、報知音として音声信号を用いることも好適であり、音声合成処理によりインク消費状態を示す合成音声が生産されてもよい。

【0165】印刷動作制御部 1406 は、印刷動作部 1420 を制御して、記録装置の印刷動作を停止させる。印刷動作の停止により、インクが無くなった後の印刷動作が回避される。また、印刷動作制御部 1406 は、低インク量対応処理の他の例として、ある印刷処理を終了してから次の印刷処理に移ることを禁止してもよい。このような印刷処理の禁止により、ひとつの印刷処理、たとえば一連の文章の印刷途中で印刷が停止するのを回避できる。また、印刷処理の禁止の例として、1 ページ印刷している途中で印刷処理が停止するのを防ぐために、改ページ終了後の印刷処理を禁止することも好ましい。

【0166】インク補充処理部 1408 は、インク補充装置 1422 を制御して液体容器 1 にインクを自動的に補充する。このインクの補充により、印刷を継続するこ



とができる。

【0167】カートリッジ交換処理部1410は、カートリッジ交換装置1424を制御してインクカートリッジを自動的に交換する。このような対応処理によって、ユーザの手をわずらわせることなく印刷動作を継続することができる。

【0168】印刷データ記憶処理部1412は、低インク量対応処理として、印刷完了前の印字データを印字データ記憶部1414に格納する。この印字データは、インクエンド検出後に記録装置に送られてくる印字データである。この印字データの格納により、印刷前の印字データが失われることを回避できる。

【0169】構成要素1404～1412については、これらの全てが記録装置制御部2000に設けられる必要はない。また、全ての構成要素1404～1412において低インク量対応処理が行われる必要はなく、少なくともひとつの低インク量対応処理が行われればよい。例えば、インク補充処理部1408またはカートリッジ交換処理部1410が処理を行うのであれば、印刷動作制御部1406は印刷動作の停止処理を行わなくてもよい。

【0170】なお、上記に例示した以外の、低インク量対応処理を行う構成すなわちインク不足による不適切な動作を回避する構成、が設けられてもよい。また、上記の低インク量対応処理は、アクチュエータ106Cがその装着位置において「液体無し」を検知してから「所定の余裕量」分の印刷が行われた後に実行されることが好適である。「所定の余裕量」は、アクチュエータ106Cの「液体無し」検知後に全インクを消費してしまうまでの印刷量より少ない適当な値に設定される。

【0171】本実施の形態によれば、検出位置を下方に切り換えるので、全てのアクチュエータが同時には動作しない。すなわち、アクチュエータの動作の頻度が少ない。したがって、制御部1400におけるデータ処理量を抑制することができる。この結果、検出動作が印刷動作のスループットを低下させることはない。

【0172】また、複数のアクチュエータに対して、駆動電圧生成部850等が共通に設けられているため、配置スペースの点でもコストの点でも、回路の構成が効率化されている。

【0173】また、本実施の形態は、アクチュエータ106Aによって「液体満タン」を検出することができ、アクチュエータ106Cによって「液体エンド」を検出することができる。このため、「液体エンド」を検出した場合に「液体満タン」状態まで液体を液体容器1に補充する制御にとって、極めて好適である。

【0174】ここで、インク補充装置1422の具体例について、図7を用いて説明する。図7において、キャリッジ3001は、ガイド部材3002に案内されて、図示されない駆動手段により往復駆動可能に構成されて

いる。

【0175】キャリッジ3001の上部には、液体容器1を有するインク供給ユニット3003が4個搭載されている。キャリッジ3001の下面には、記録ヘッド3004が設けられている。

【0176】キャリッジ3001の移動領域の両側には、インクカートリッジ3005を収容するカートリッジホルダ3006が配置されている。また、キャリッジ3001の移動領域の非印字領域の上部に、インク補給ユニット3007が配置されている。

【0177】インク補給ユニット3007は、チューブ3008によってインクカートリッジ3005に接続されている。そして、インク補給ユニット3007は、キャリッジ3001がインク補給領域に移動した段階で、インク供給ユニット3003のインク注入口3009に接続され、インクを注入可能となっている。なお、3010は、チューブ3011によりインク補給ユニット3007に接続されたインク注入圧力源であるポンプユニットであり、3021は、インク供給ユニット3003の大気開放口である。

【0178】インク供給ユニット3003の詳細な構造については、特願平11-315071号にて開示されているものと略同様である。従って、特願平11-315071号をここで引用することによって、その説明を省略する。この引用によって、当該特許出願の記載内容の全てが本明細書の記載事項となる。

【0179】もっとも、本発明の趣旨から明らかなように、当該特許出願によるインク供給ユニットと異なり、液面検出のためのフロートが設けられる必要が無い。フロートが不要であるという特徴は、構成の簡単化によるコスト減、小型・軽量化の実現、当該フロートの動作不良に起因する種々のトラブルからの解放（動作信頼性の向上）、等の利点をもたらす。

【0180】なお、配置されるアクチュエータの数は限定されない。その場合、アクチュエータの間隔は一定でなくてもよい。例えば、液面が低くなるほどアクチュエータの間隔を狭くすることが好適である。こうした変形は、以下の他の実施形態においても同様に適用可能である。

【0181】また、上記の実施の形態では、2つのアクチュエータ106A及び106Cの駆動回路等が共通に構成されているが、これらの回路は各アクチュエータのために独立に設けられてもよい。この場合、例えば2つのアクチュエータ106A及び106Cの共振周波数を同時に検出し、これらが同一か否かによって液体消費状態を判別することも可能である。例えば、両アクチュエータ106A及び106Cから検出される共振周波数が同一の場合、インクエンド状態であるかインクフル状態（インク満タン状態）であるかのいずれかである。

【0182】なお、図8及び図9に示すように、アクチ

ュータ 106A のみを設ける場合には、インクフル状態（インク満タン状態）のみが検出される。この態様は、「液体満タンで無い」場合に直ちに「液体満タン」状態まで液体を補充するような装置において、極めて好適である。この場合、半導体スイッチ SWA は、省略可能である。

【0183】図 10 は、図 5 の記録装置制御部 2000 を他の液体容器 1' と共に示すブロック図である。本実施形態では、図 11 に示すように、液体容器 1' のインク収容部 IS' の所定液面 LL の上方近傍位置及び下方近傍位置に、アクチュエータ 106A 及び 106B がそれぞれ装着されている。その他の構成については、図 5 に示す実施の形態と略同様である。

【0184】本実施の形態は、液体容器 1' の液面レベルを、常に所定液面 LL の近傍に維持するために有効である。すなわち、アクチュエータ 106B が「液体無し」を検出したら液体容器 1' に液体を供給し、アクチュエータ 106A が「液体有り」を検出したら液体容器 1' への液体供給を停止することにより、液体の液面レベルを常に所定液面 LL の近傍に維持することができる。このように液体の液面レベルを略一定にすると、いわゆる液体の水頭圧が略一定となるため、液体吐出性能が顕著に向上し得る。

【0185】図 12 は、図 5 に示した記録装置制御部 2000 を変形した実施形態を示す。図 12 の液体容器 1 は、液体容器 1 内の液体を記録紙等の記録媒体に吐出して印字するためのヘッド部 1300 に連通するように、キャリッジ上に装着されている。ヘッド部 1300 は、ヘッド駆動部 1440 によって駆動されるようになっている。また、図 12 の記録装置は、ヘッド部 1300 から液体を吸引してヘッド部 1300 のノズルを清掃するクリーニング部 1436 を有している。クリーニング駆動部 1432 がポンプ 1434 を駆動することにより、クリーニング部 1436 はヘッド部 1300 から液体を吸引するようになっている。

【0186】図 12 に示す記録装置制御部 2004 の制御回路部 1502 は、図 5 に示した記録装置制御部 2000 が有する要素に加えて、ヘッド部 1300 が吐出したインク滴の数を数える液体吐出カウンタ（ドットカウンタ）1450 と、液体吐出カウンタ 1450 が数えたインク滴の数に基づいてインク消費量を算出する液体消費量算出部 1452 と、液体消費状態検出部 1210 が検出したインク消費状態に基づいてクリーニング駆動部 1432 を制御するクリーニング制御部 1442 と、を更に有している。また、検出回路部 1104 は、液体吐出カウンタ 1450 がカウントしたヘッド部 1300 のインク滴の吐出数を、複数のアクチュエータ 106A ～ 106C を用いて検出したインクの消費状態に基づいて補正する液体消費状態補正部 1010 を有する。

【0187】次に、図 12 において新たに加わった要素

についての動作を説明する。液体吐出カウンタ 1450 は、印字時にヘッド部 1300 から吐出されるインク滴の数をカウントし、液体消費量算出部 1452 へ出力する。液体消費量算出部 1452 は、液体吐出カウンタ 1450 のカウント値に基づいて、ヘッド部から吐出されたインク量を算出する。

【0188】また、印刷とは関係のない駆動信号を印字ヘッドに印加してインク滴を空吐出させることにより、ヘッド部 1300 のノズル開口近傍の不揃いのメニスカスを回復させたり、ノズル開口におけるインクの目詰まりを防止すること（フラッシング操作）によっても、インクが消費される。したがって、液体吐出カウンタ 1450 は、フラッシング操作によるインク滴吐出数についてもカウントして、液体消費量算出部 1452 へ出力する。

【0189】液体消費量算出部 1452 は、印字操作及びフラッシング操作におけるヘッド部 1300 からのインクの吐出数から、インクの消費量を算出して、算出したインク消費量を液体消費状態補正部 1010 へ出力する。液体消費量算出部 1452 によって算出されたインク量は、提示処理部 1404 のディスプレイ 1416 によって表示される。

【0190】更に、ヘッド部 1300 をクリーニング部 1436 によって清掃する（クリーニング操作）際にも、ヘッド部 1300 内のインクが吸引されることで液体容器 1 内のインクが消費される。したがって、液体消費量算出部 1452 は、クリーニング制御部 1442 を介してクリーニング駆動部 1432 がポンプ 1434 を駆動した時間（例えばポンプ 1434 に通電した時間）とポンプ 1434 の時間当たりのインク吸収量とを掛けることによって、クリーニングによるインクの消費量を算出する。

【0191】したがって、液体消費量算出部 1452 は、液体吐出カウンタ 1450 とクリーニング制御部 1442 とによって、消費されたインク量を算出する。液体消費状態補正部 1010 は、液体消費量算出部 1452 の算出値を、液体有無判定部 1000 の判定結果に基づいて補正する。

【0192】インク消費状態の検出に、液体有無判定部 1000 及び液体消費量算出部 1452 の 2 つの出力を用いる理由を次に述べる。

【0193】液体有無判定部 1000 の出力は、液体の液面を複数のアクチュエータ 106A ～ 106C によって実際に測定した情報である。一方、液体消費量算出部 1452 の出力は、液体吐出カウンタ 1450 がカウントしたインク滴の数及びポンプの駆動時間から算出された推定のインク消費量である。

【0194】この算出値は、ユーザサイドで設定される印刷形態や使用環境により、例えば室温が極端に高いまたは低い場合、あるいは、インカートリッジの開封後

の経過時間が長い場合、インクカートリッジ内の圧力やインクの粘度が変化することによって誤差を生じることがある。

【0195】そこで、液体消費状態補正部1010は、液体消費量算出部1452によって算出されたインク消費量を、液体有無判定部1000から出力されたインク有無の判定結果に基づいて補正する。更に、液体消費状態補正部1010は、液体有無判定部1000から出力されたインク有無の判定結果に基づいて、液体消費量算出部1452がインク消費量を算出するのに用いる算出式のパラメータを補正する。このように算出式のパラメータを補正することによって、当該算出式をインクカートリッジが使用されている環境に適合させることができる。これにより、算出式によって得られた値が、実際に使用した値により近似するようになる。

【0196】アクチュエータ106Cが「インク無し」を検知した場合、記録装置動作制御部1402に制御される印刷動作制御部1406、インク補充処理部1408、カートリッジ交換処理部1410、印刷データ記憶処理部1412及びクリーニング制御部1442は、所定の低インク量対応処理を行う。

【0197】印刷動作制御部1406は、ヘッド駆動部1440を制御して、ヘッド部1300におけるインクの吐出を停止したり、インクの吐出量を減少させる。これにより、インクが無くなった後の印刷動作が回避される。

【0198】クリーニング制御部1442は、低インク対応処理として、クリーニング部1436によるヘッド部1300のクリーニング動作を禁止したり、クリーニングの回数を減少したり、ポンプ1434の吸引力を弱めたりして、インクの吸引量を減少させる。ヘッド部1300のクリーニングの際に、比較的多くのインクがヘッド部1300から吸引される。したがって、低インクとなったときにクリーニング動作を禁止することにより、残り少ないインクがクリーニングのためにヘッド部1300から吸引されることを回避でき、クリーニングのためにインクが不足するという事態を回避できる。あるいは、前述のように、クリーニングの回数を減少したり、ポンプ1434の吸引力を弱めてもよい。制御部1400が、液体容器1内のインク残量に基づいて、印刷動作制御部1406及びクリーニング制御部1442がどのような低インク処理を実行するかを選択する。

【0199】図13は、図12に示した記録装置制御部2004を変形した実施形態を示す。この実施例では、半導体記憶手段7が液体容器1に装着され、記録装置制御部2006が情報記憶制御回路部1444を有している。その他は、図12に示した記録装置制御部2004と同様の構成である。したがって、半導体記憶手段7及び情報記憶制御手段1444と関係ない要素についてはその説明を省略する。

【0200】本実施の形態の液体容器1は、半導体記憶手段7を有する。半導体記憶手段7は、例えば、EEPROM等の書き換え可能なメモリである。制御回路部1506は、情報記憶制御回路部1444を有する。

【0201】液体消費状態検出部1210は、半導体スイッチSWA及びSWC及びアクチュエータ106A及び106Cを制御して液体容器1内の液体の消費状態を検出し、アクチュエータ106A及び106Cを用いた液体消費状態の検出に関連する消費関連情報を制御回路部1506へ出力する。

【0202】制御部1400は、情報記憶制御回路部1444を介して、消費関連情報を半導体記憶手段7に書き込む。更に、情報記憶制御回路部1444は、消費関連情報を半導体記憶手段7から読み出して、制御部1400へ出力する。

【0203】次に、半導体記憶手段7について詳細に説明する。半導体記憶手段7は、アクチュエータ106A及び106Cを用いた液体の消費状態の検出に関連する消費関連情報を記憶する。消費関連情報は、検出された液体の消費状態の情報を含む。情報記憶制御回路部1444は、アクチュエータ106A及び106Cを用いて得られた消費状態情報を半導体記憶手段7に書き込む。そして、この消費状態情報が読み出され、記録装置制御部2006において使用される。

【0204】消費状態情報を半導体記憶手段7に記憶することは、特に液体容器1を脱着する場合において有利である。例えば、液体が途中まで消費された状態で、液体容器1がインクジェット記録装置から取り外されたとする。この時、液体消費状態を記憶した半導体記憶手段7が常に液体容器1と共にある。液体容器1は、再度同じインクジェット記録装置に装着されるか、あるいは他のインクジェット記録装置に装着される。この時、半導体記憶手段7から液体消費状態が読み出され、その液体消費状態に基づいて記録装置制御部2006が動作する。例えば、液体が空または液体残量が少ない液体容器1が装着された場合でも、その旨がユーザに伝えられる。このように、液体容器1を脱着する場合であっても、液体容器1の以前の消費状態情報を確実に利用できる。

【0205】半導体記憶手段7は、さらに、液体吐出カウンタ1450がカウントしたインク滴の数に基づいて液体消費量算出部1452が算出した液体消費状態を記憶してもよい。アクチュエータ106A及び106Cは、それぞれの装着位置におけるインク液面の通過を確実に検出できるが、液面通過の前後のインク消費状態についての検出は困難である。従って、液面通過の前後のインク消費状態について、液体消費量算出部1452が算出した液体消費状態から推定し、当該推定値を半導体記憶手段7に格納することが好ましい。

【0206】また、消費関連情報は、液体の消費状態に

応じて検出されるべき検出特性情報を含む。本実施形態では、検出特性情報として、消費前検出特性情報および消費後検出特性情報が記憶される。消費前検出特性情報は、インクの消費が開始される前の検出特性、すなわち、インクフル状態における検出特性を示す。消費後検出特性情報は、インクが所定の検出目標まで消費されたときに検出される予定の検出特性、具体的には、インク液面がアクチュエータの取付位置レベルを下回ったときの検出特性を示す。

【0207】情報記憶制御回路部1444は、半導体記憶手段7から検出特性情報を読み出し、液体消費状態検出部1210は、その検出特性情報に基づいてアクチュエータを用いて液体消費状態を検出する。消費前検出特性に対応する検出信号が得られた場合、インクの消費がまだ進んでおらず、インクの残量は多いと考えられる。少なくとも、インク液面がアクチュエータより上であることは確実に分かる。一方、消費後検出特性に対応する検出信号が得られたときは、インクの消費が進み、残量が少ないので、インク液面はアクチュエータを下回っていることが分かる。

【0208】検出特性情報を半導体記憶手段7に記憶することの利点の一つを説明する。

【0209】検出特性情報は、液体容器1の形状、アクチュエータの仕様、インクの仕様、等の各種の要因によって決まる。従って、改良等の設計変更が行われたときには、検出特性も変化することがある。液体消費状態検出部1210が常に同じ検出特性情報を使用すると、こうした検出特性の変化への対処が困難である。一方、本実施の形態では、検出特性情報が半導体記憶手段7に記憶され利用される。したがって、検出特性の変化に容易に対処できる。例えば、新しい仕様の液体容器1が提供されるときも、その液体容器1の検出特性情報を、記録装置制御部2006が容易に利用できるのである。

【0210】液体容器1の仕様が同じでも、製造ばらつきによって検出特性が異なることがある。例えば、液体容器1の形状や肉厚に応じて、検出特性が異なることもある。従って、さらに好ましくは、個々の液体容器1ごとの検出特性情報が測定されて半導体記憶手段7に格納される。本実施の形態では、各液体容器1が半導体記憶手段7を有するので、その半導体記憶手段7に固有の検出特性情報を格納できる。これにより、製造ばらつきの検出への影響を低減でき、検出精度を向上できる。このように、本実施の形態は、個々の液体容器1の検出特性の相違に対応できて有利である。

【0211】また、アクチュエータ106A及びアクチュエータ106Cの互いの特性値の相対的な条件（関係）に基づいてインクカートリッジ内のインクの消費量を検出することもできる。より詳細には、インクカートリッジ内の所定の量のインクが消費され、アクチュエータ106Aの周辺にインクが無くなったときに検出され

たアクチュエータ106Aの振動特性値を半導体記憶手段7が記憶する。アクチュエータ106Cが検出する振動特性値の値が、アクチュエータ106Aの振動特性値の値とほぼ等しい値になったときに、インクの液面がアクチュエータ106Cを通過したと判断できる。アクチュエータ106Cは容器1のインクエンド時のインク液面の近傍に配備されるので、インクの液面がアクチュエータ106Cを通過したと判断したときに、インクエンドと判断することができる。また、本実施形態によれば、容器1内のインクが無いときのアクチュエータ106A及び106Cの振動特性値を製造工程で測定する必要が無い。従って、アクチュエータ106A及び106Cまたはインクカートリッジの製造が容易になり、製造工程が短縮される。さらに、アクチュエータ106A及びアクチュエータ106Cは同じロットで製造されたものであることが好ましい。それによって、アクチュエータ106Aとアクチュエータ106Cとの特性がほぼ同等となるからである。特性が同等なアクチュエータ106A及びアクチュエータ106Cを使用することによってインクカートリッジ内のインクを正確に検出することができる。

【0212】図14は、図13に示した記録装置制御部2006の動作手順を示すフローチャートである。

【0213】まず、インクカートリッジが装着されたか否かが判定される（S10）。すなわち、新品のインクカートリッジまたは途中まで使用されたインクカートリッジが装着されたことが検出される。この処理には、インクジェット記録装置に備えられたスイッチ等（図示せず）が用いられる。

【0214】インクカートリッジが装着されると、半導体記憶手段7から検出特性情報等を含む消費関連情報が読み出される（S12）。記録装置制御部2006の提示処理部1404、印刷動作制御部1406、インク補充処理部1408、カートリッジ交換処理部1410、印刷データ記憶処理部1412及びクリーニング制御部1442が、読み出された消費関連情報を利用する。例えば、読み出された消費関連情報により液体容器1内の液体残量が少ないことが分かると、ディスプレイ1416に液体残量が少ないことを表示したり、ヘッド部1300の動作を停止させる。

【0215】液体消費状態検出部1210は、読み出された検出特性情報に基づいて、アクチュエータ106A～106Cを用いて液体の消費状態を検出する（S14）。検出された液体消費状態に基づいて、液体容器1内の液体の有無が判定される（S16）。「液体無し」が検出された場合には、液体無し対応工程（S18）が実行される。液体無し対応工程（S18）としては、印刷データ記憶処理部1412によって印字データを記憶するステップ（S24）、印刷動作制御部1406によって印刷動作を停止するステップ（S26）及び提示処

理部1404によって液体無しを表示するステップ(S28)が含まれる。

【0216】この場合、液体無し表示ステップ(S28)の指示により、後述するようにユーザがインクカートリッジを交換することで、インクジェット記録装置にインクが補充される。

【0217】あるいは、液体無し対応工程(S18)として、カートリッジ交換処理部1410によって自動的にインクカートリッジを交換(S20)してもよいし、インク補充処理部1408によって自動的にインクを補充(S22)してもよい。この場合、インクは自動的にインクジェット記録装置に補充され、ユーザがインクカートリッジを交換する必要が無い。この場合、後述するカートリッジ交換判断ステップ(S32)を経ずに、液体消費情報読出しステップ(S12)に戻る。なお、インク補充ステップ(S22)が実施される場合、インクが補充された後、どれだけの量のインクが記録装置に補充されたかの情報が半導体記憶手段7に格納される(S34)。

【0218】液体無し対応手段(S18)として、印字データ記憶ステップ(S24)、印刷動作停止ステップ(S26)及び液体無し表示ステップ(S28)が実行された後、検出された液体消費状態は半導体記憶手段7に格納される(S30)。インクカートリッジ内にインクがないことは、液体無し表示ステップ(S28)によってユーザに伝達されているので、ユーザが液体無し表示ステップ(S28)の指示に従ってインクカートリッジを交換する。この場合(S32、Y)、液体消費状態検出ステップ(S14)に戻る。一方、ユーザがインクカートリッジを交換しない場合、インクカートリッジを交換するよう更にユーザに促すような表示がディスプレイ又はスピーカにより提示されて、プロセスを終了する。

【0219】図15は、測定回路部800の回路構成を示す図である。測定回路部800は、駆動電圧生成部850、基準電位生成部816、ハイパスフィルタ824、増幅部860及び比較器836を有する。駆動電圧生成部850は、相補に並列にベースB同士及びエミッタE同士が接続されたNPN型トランジスタ810及びPNP型トランジスタ812の2個のバイポーラトランジスタを含む。NPN型トランジスタ810及びPNP型トランジスタ812は、アクチュエータ106A及び106Cを駆動するためのトランジスタである。アクチュエータ106A及び106Cは、一方の端子が、それぞれ半導体スイッチSWA及びSWCを介して、互いに接続されたNPN型トランジスタ810及びPNP型トランジスタ812のエミッタEに接続され、他方の端子が、グランドGNDに接続される。アクチュエータ106A及び106Cの他方の端子は、電源Vcc(5V)に接続されてもよい。

【0220】端子840から駆動電圧生成部850に入力されるトリガ信号が、LowからHighとなると、互いに接続されたNPN型トランジスタ810及びPNP型トランジスタ812のベースBが立ち上がり、NPN型トランジスタ810及びPNP型トランジスタ812は入力されたトリガ信号の電流を増幅して、導通状態の半導体スイッチを介して1つのアクチュエータに与える。図15の場合、PNP型トランジスタ812のエミッタEとコレクタCとの間の電圧が、アクチュエータに与えられる。このため、アクチュエータは急激に充電されて発振する。更に、アクチュエータは、発振後に残留する振動により逆起電力を発生する。アクチュエータの残留振動により発生した逆起電力は、ハイパスフィルタ824を介して増幅部860に出力される。

【0221】NPN型トランジスタ810(PNP型トランジスタ812も同様)のベースB及びエミッタE間はPN接合になっており、ベースBとエミッタEとの電位差が0.6V以下ではエミッタE側にはほとんど電流が流れず、0.6Vを超えると大きく増幅された電流がエミッタEに流れる。すなわち、NPN型トランジスタ810及びPNP型トランジスタ812は、それぞれ0.6Vの不感帯又はバイアス電圧を有しており、NPN型トランジスタ810及びPNP型トランジスタ812は合計1.2V程度のバイアス電圧を有する。アクチュエータの逆起電力を含めた端子電位が不感帯の範囲内であれば、トランジスタが動作してエミッタEに電流が流れ込むことはなく、トランジスタの動作のためにアクチュエータの残留振動を抑えてしまうことがない。不感帯がないと、アクチュエータの電圧はトランジスタにより制御されて一定値となり、逆起電力を調べることができない。

【0222】図15において、バイポーラトランジスタとしてNPN型トランジスタ810及びPNP型トランジスタ812が用いられているが、バイポーラトランジスタの代わりに電界効果トランジスタを用いてもよい。電界効果トランジスタを用いる場合、図15のNPN型トランジスタが配置されている位置にN型電界効果トランジスタを配置する。N型電界効果トランジスタのゲートをNPN型トランジスタ810のベースBの位置に配置し、ソースをエミッタEの位置に配置する。また、PNP型トランジスタ812が配置されている位置にP型電界効果トランジスタを配置する。P型電界効果トランジスタのゲートをPNP型トランジスタ812のベースBの位置に配置し、ソースをエミッタEの位置に配置する。更に、P型電界効果トランジスタ及びN型電界効果トランジスタのゲート同士及びソース同士を接続する。アクチュエータは、一方の端子が半導体スイッチを介して互いに接続されたP型電界効果トランジスタ及びN型電界効果トランジスタのソースに接続され、他方の端子が電源Vcc又はグランドGNDに接続されることが好

ましい。

【0223】ハイパスフィルタ824は、コンデンサ826と抵抗器828とを有している。駆動電圧生成部850の出力は、このようなハイパスフィルタ824を介して増幅部860に出力される。ハイパスフィルタ824は、アクチュエータの出力のうち高周波成分を増幅部860へ出力する一方、低周波成分を取り除く。更に、ハイパスフィルタ824は、増幅部860の出力が基準電位を中心として0～5V（Vcc）の範囲に収まるように調整する役割がある。

【0224】基準電位生成部816は、直列に接続された抵抗818及び820と、抵抗820に並列に接続されたコンデンサ822と、を有する。これにより、基準電位生成部816は、2～3V程度の安定した直流電位を基準電位として生成し、ハイパスフィルタ824、増幅部860及び比較器836へ供給する。このため、ハイパスフィルタ824及び増幅部860が出力する信号波形の電圧は、基準電位を中心にして振動する。

【0225】増幅部860は、オペアンプ834と抵抗830及び832とを有する。オペアンプ834、抵抗830及び832は、入力信号を反転せずに増幅して出力する非反転増幅回路として構成されている。駆動電圧生成部850が出力した逆起電力信号が、ハイパスフィルタ824を介してオペアンプ834の＋端子に入力される。オペアンプ834の－端子は、負帰還抵抗830を通して出力端子と接続する一方、抵抗832を通して基準電位と接続している。これにより、アクチュエータが出力した微弱な逆起電力信号が基準電位を中心として増幅され、比較器836へ出力される。このように増幅された逆起電力信号の波形は、図4に示したアナログ波形として表され得る。

【0226】比較器836には、増幅部860から出力された逆起電力信号の電圧と基準電位生成部816が生成した基準電位とが入力され、逆起電力信号の電圧が基準電位以上のときにHighの信号を、逆起電力信号の電圧が基準電位以下のときにLowの信号を出力する。これにより、デジタル波形の逆起電力信号が生成される。すなわち、オペアンプ834の出力が基準電位を中心に振動する一方、比較器836の－端子の電圧が基準電位と等しいので、比較器836は基準電位を基準にして逆起電力信号の電圧を比較して、デジタル波形の逆起電力信号を出力する。比較器836は、生成したデジタル波形の逆起電力信号を、端子844へ出力する。

【0227】なお、前述のように、圧電素子への駆動電

圧信号の供給は、端子840からのトリガ信号の入力によってなされる。このトリガ信号の入力は、制御装置840cによってなされ得る。制御装置840cは、例えば、液体容器が搭載されるインクジェット記録装置等の各種の液体消費装置に設けられ得る。

【0228】図16は、図5の検出回路部1100の回路構成を示す。検出回路部1100は、デジタル回路部900及び液体有無判定部1000を有する。デジタル回路部900は、フリップフロップ910及び918と、カウンタ912及び920と、NANDゲート914及び916と、を有する。カウンタ920は、最高値（1111、1111）まで数えたら、次にクロックパルスが入力されても（0000、0000）にならず、最高値を維持するものとする。

【0229】トリガ信号が、端子842からフリップフロップ910のクロック入力ピンCLKに入力されると、フリップフロップ910は、カウンタ912に対して、測定回路部800から出力された逆起電力信号のパルス数の計測をカウンタ912が開始するよう制御する信号を出力する。更に、カウンタ912が逆起電力信号のパルスを8個数えたと、NANDゲート916を介してフリップフロップ910がクリアされる。したがって、フリップフロップ910は、トリガ信号が入力してから逆起電力信号が8パルス目までの間Highとなっている信号を、カウンタ912のカウントイネーブル端子ENPに供給する。

【0230】カウンタ912は、カウントイネーブル端子ENPに入力される信号がHighのときのみ、クロックを計数する。カウンタ912は、トリガ信号がフリップフロップ910に入力されてから逆起電力信号のパルス数の計数を開始し、パルス数を8個数えた時点でカウントイネーブル端子ENPに入力される信号がLowになるのでパルス数のカウントを終了する。カウンタ912は、4パルス目から8パルス目までがHighとなっている信号を、出力ピンQCからフリップフロップ918の入力ピンDに出力する。

【0231】フリップフロップ918は、カウンタ912が出力した4パルス目から8パルス目までがHighとなっている信号を入力ピンDから受容し、端子846から入力した16MHzの周波数のクロックをクロック入力ピンCLKから受容して、入力ピンDから入力された信号を当該クロックに同期させて出力する。

【0232】

【数1】

43

カウンタ920は、フリップフロップ918に入力されると同様の16MHzのクロックパルスを、クロック入力ピンCLKから受容する。このため、カウンタ920はフリップフロップ918と同期して作動し、フリップフロップ918の出力ピンQの出力がHighとなっている4パルス目から8パルス目までの間において、16MHzのクロックパルスが何個あるかをカウントすることができる。16MHzのクロックパルスのパルス数をカウントすることで、4パルス目から8パルス目までの4個のパルスが生じる時間を計測することができる。カウンタ920は、カウントしたカウント値を液体有無判定部1000に出力する。なお、フリップフロップ918の出力ピンQがHighになる前、すなわち、カウンタ920を動作させる前に、フリップフロップ918の出力ピンQの出力とカウンタ912の出力ピンQBの出力とがNANDゲート914においてNAND演算されて、カウンタ920のクリア入力ピンCLRに入力されてカウンタ920がクリアされるようになっている。

44

図16の回路では、逆起電力波形の4パルス目から8パルス目までの間に存在する16MHzのクロックパルスのパルス数をカウントしたが、カウンタ912の出力を用いる計数回路を追加して組み合わせることにより、8

20

カウント目までの時間ばかりでなく任意のカウント目まで数えることもできる。すなわち、異なったカウント間隔内の時間を検出することができる。  
【0233】図17は、図16に示した液体有無判定部1000の詳細な回路構成を示す。液体有無判定部1000は、カウンタ920が出力した逆起電力信号の4パルス目から8パルス目までの間に現れる16MHzのクロックパルス数のカウント値に基づいて、液体容器1内の液体の有無を判断する。液体有無判定部1000は、図17に示すように、上限値レジスタ1011と、下限値レジスタ1012と、比較部1014及び1016と、ANDゲート1018とを有する。上限値レジスタ1011にはカウント値の上限値が格納され、下限値レジスタ1012にはカウント値の下限値が格納されている。

30

【0234】比較部1014は、デジタル回路部900が出力したカウント値をB端子から受容し、カウント値の上限値を上限値レジスタ1011からA端子を介して受容する。カウント値が上限値より小さい場合、比較部1014はHighの信号をANDゲート1018に出力する。一方、カウント値が上限値以上の場合、比較部1014は、Lowの信号をANDゲート1018に出力する。カウント値が上限値以上の場合、逆起電力波形の周波数が下限値より低く、逆起電力波形が正常に測定されていないので、液体容器が記録装置に装着されていないかまたは確実に装着されていない可能性がある。

40

【0235】一方、比較部1016は、デジタル回路部900が出力したカウント値をA端子から受容し、カウント値の下限値を下限値レジスタ1012からB端子を介して受容する。カウント値が下限値より大きい場合、

50

比較部1016はHighの信号をANDゲート1018及び端子1022に出力する。一方、カウント値が下限値以下である場合、比較部1016はLowの信号をANDゲート1018及び端子1022に出力する。カウント値が下限値以下である場合、液体容器1内の液体がアクチュエータ106の装着位置において存在しないことを意味する。

【0236】比較部1014及び1016の双方がHighの信号を出力した場合、すなわち、カウント値が上限値より小さく下限値より大きい場合、ANDゲート1018はHighの信号を出力する。この場合、逆起電力波形の周波数が上限値より低いので、液体容器1内の液体がアクチュエータ106の装着位置レベルにおいて存在する。しかも、逆起電力波形の周波数が下限値より高いので、液体容器1が記録装置に確実に装着されており、液体がアクチュエータ106の装着位置レベルにおいて存在することがわかる。すなわち、端子1020がHighの場合は、液体容器1が記録装置に確実に装着されており、液体がアクチュエータ106の装着位置レベルにおいて存在する正常な状態である。

【0237】比較部1014がLowの信号を出力し、比較部1016がHighの信号を出力した場合、すなわち、カウント値が上限値以上で下限値より大きい場合、ANDゲート1018はLowの信号を出力する。また、端子1022には、Highの信号が入力される。この場合、端子1020がLowなので異常であり、端子1022がHighなので液体容器1が記録装置に装着されていないか又は確実に装着されていないと判定できる。

【0238】比較部1014がHighの信号を出力し、比較部1016がLowの信号を出力した場合、すなわち、カウント値が上限値より小さく下限値以下の場合、ANDゲート1018はLowの信号を出力する。この場合、端子1020がLowなので異常であり、端



子 1022 が Low なので液体がアクチュエータ 106 の装着位置レベルにおいて無いことがわかる。

【0239】なお、測定回路部 800 の各要素及び検出回路部 1100 の各要素は、各アクチュエータ毎に別個独立に設けられてもよい。このような構成の液体消費状態検出部 1200 によれば、各アクチュエータによる液体消費状態の検出を同時に行うことができる。この場合、前述のように、2つのアクチュエータ 106A 及び 106C から検出される共振周波数が同一か否かによって、液体消費状態を判別することが可能である。

【0240】図 18 は、アクチュエータ 106 の製造方法を示す。図 18 では、複数のアクチュエータ 106 (図 18 の例では 4 個) が一体に形成されている。図 18 に示した複数のアクチュエータの一体成形物を、それぞれ切断することにより、図 19 に示すアクチュエータ 106 を製造する。図 18 に示す一体成形された複数のアクチュエータ 106 のそれぞれの圧電素子が円形である場合、一体成形物をそれぞれ切断することにより、図 1 に示すアクチュエータ 106 を製造することができ、複数のアクチュエータ 106 を一体に形成することにより、複数のアクチュエータ 106 を同時に効率良く製造することができ、運搬時の取り扱いが容易となる。

【0241】アクチュエータ 106 は、薄板又は振動板 176、基板 178、弾性波発生手段又は圧電素子 174、端子形成部材又は上部電極端子 168、及び端子形成部材又は下部電極端子 170 を有する。

【0242】圧電素子 174 は、圧電振動板又は圧電層 160、上部電極 164 及び下部電極 166 を含む。基板 178 の上面に振動板 176 が形成され、振動板 176 の上面に下部電極 166 が形成されている。下部電極 166 の上面には、圧電層 160 が形成され、圧電層 160 の上面に、上部電極 164 が形成されている。したがって、圧電層 160 の主要部は、上部電極 164 の主要部及び下部電極 166 の主要部によって、上下から挟まれるように形成されている。

【0243】図 18 に示す場合、振動板 176 上に、複数 (図 18 の例では 4 個) の圧電素子 174 が形成されている。振動板 176 の表面に下部電極 166 が形成され、下部電極 166 の表面に圧電層 160 が形成され、圧電層 160 の上面に上部電極 164 が形成される。上部電極 164 及び下部電極 166 の端部に上部電極端子 168 及び下部電極端子 170 が形成される。そして、4 個のアクチュエータ 106 が、それぞれ別々に切断されて個別に使用される。

【0244】図 19 は、圧電素子が矩形のアクチュエータ 106 の一部分の断面を示す。図 20 は、図 19 に示したアクチュエータ 106 の全体の断面を示す。

【0245】図 20 に示すように、基板 178 の圧電素子 174 と対向する面には、貫通孔 178a が形成されている。貫通孔 178a は振動板 176 によって封止さ

れている。振動板 176 は、アルミナや酸化ジルコニア等の、電気絶縁性を備えると共に弾性変形可能な材料によって形成されている。

【0246】貫通孔 178a に対応する位置に、圧電素子 174 が振動板 176 上に形成されている。下部電極 166 は貫通孔 178a の領域から一方向、図 20 では左方に延びるように振動板 176 の表面に形成されている。上部電極 164 は貫通孔 178a の領域から下部電極とは反対の方向、図 20 では右方に延びるように圧電層 160 の表面に形成されている。

【0247】上部電極端子 168 及び下部電極端子 170 は、それぞれ補助電極 172 及び下部電極 166 の上面に形成されている。下部電極端子 170 は、下部電極 166 と電気的に接触し、上部電極端子 168 は、補助電極 172 を介して上部電極 164 と電気的に接触して、圧電素子とアクチュエータ 106 の外部との間の信号の受け渡しをする。上部電極端子 168 及び下部電極端子 170 は、電極 164 及び 166 と圧電層 160 とを合わせた圧電素子 174 の高さ以上の高さを有する。

【0248】図 21 は、図 18 に示したアクチュエータ 106 の製造方法を示す。まず、グリーンシート 40 に、プレスあるいはレーザー加工等を用いて貫通孔 40a を穿孔する。グリーンシート 40 は、焼成後に基板 178 となるものである。グリーンシート 40 は、セラミック等の材料で形成される。

【0249】次に、グリーンシート 40 の表面に別のグリーンシート 41 を積層する。グリーンシート 41 は、焼成後に振動板 176 となるものである。グリーンシート 41 は、酸化ジルコニア等の材料で形成される。

【0250】次に、グリーンシート 41 の表面に、導電層 42、圧電層 160、導電層 44 を、圧膜印刷等の方法で順次形成する。導電層 42 は、後に下部電極 166 となるものであり、導電層 44 は、後に上部電極 164 となるものである。

【0251】次に、形成されたグリーンシート 40、グリーンシート 41、導電層 42、圧電層 160 及び導電層 44 を、乾燥して焼成する。

【0252】スペーサ部材 47、48 は、上部電極端子 168 と下部電極端子 170 の高さを底上げして圧電素子より高くするための部材である。スペーサ部材 47、48 は、グリーンシート 40、41 と同材料を印刷するかあるいは積層して形成する。スペーサ部材 47、48 を用いることにより、貴金属である上部電極端子 168 及び下部電極端子 170 の材料が少なくて済む。また、上部電極端子 168 及び下部電極端子 170 の厚みを薄くできるので、上部電極端子 168 及び下部電極端子 170 を精度良く印刷でき、精度の良い高さとすることができる。

【0253】導電層 42 の形成時に、導電層 44 との接続部 44' 及びスペーサ部材 47 及び 48 を同時に形成



すると、上部電極端子168及び下部電極端子170を容易に形成したり、強固に固定することができる。最後に、導電層42及び導電層44の端部領域に、上部電極端子168及び下部電極端子170を形成する。上部電極端子168及び下部電極端子170を形成する際、上部電極端子168及び下部電極端子170が、圧電層160に電氣的に接続されるように形成する。

【0254】図22は、本発明が適用されるインクカートリッジのさらに他の実施形態を示す。図22(A)は、本実施形態によるインクカートリッジの底部の断面図である。本実施形態のインクカートリッジは、インクを収容する容器1の底面1aに貫通孔1cを有する。貫通孔1cの底部はアクチュエータ650によって塞がれ、インク溜部を形成する。

【0255】図22(B)は、図22(A)に示したアクチュエータ650及び貫通孔1cの詳細な断面を示す。図22(C)は、図22(B)に示したアクチュエータ650及び貫通孔1cの平面を示す。アクチュエータ650は、振動板72および振動板72に固定された圧電素子73を有する。圧電素子73が振動板72及び基板71を介して貫通孔1cに対向するように、アクチュエータ650は、容器1の底面に固定される。振動板72は、弾性変形可能で、耐インク性を備える。

【0256】容器1のインク量に依存して、圧電素子73及び振動板72の残留振動によって発生する逆起電力の振幅及び周波数が変化する。アクチュエータ650に対向する位置に貫通孔1cが形成されているため、最小限の一定量のインクが貫通孔1cに確保される。したがって、貫通孔1cに確保されるインク量により決まるアクチュエータ650の振動の特性を予め測定しておくことにより、容器1のインクエンドを確実に検出することができる。

【0257】図23は、貫通孔1cの他の実施形態を示す。図23(A)、(B)、及び(C)のそれぞれにおいて、左側の図は、貫通孔1cにインクKが無い状態を示し、右側の図は、貫通孔1cにインクKが残った状態を示す。図22の実施形態においては、貫通孔1cの側面は垂直な壁として形成されている。図23(A)においては、貫通孔1cは、側面1dが上下方向に斜めであり内側に拡大して開いている。図23(B)においては、段差部1e及び1fが、貫通孔1cの側面に形成されており、上方の段差部1fが下方の段差部1eより広がっている。図23(C)においては、貫通孔1cは、インクKを排出しやすい方向すなわちインク供給口2の方向へ延びる溝1gを有する。

【0258】図23(A)~(C)に示した貫通孔1cの形状によれば、インク溜部のインクKの量を少なくできる。従って、図1および図2で説明した $M'_{cav}$ を、 $M'_{max}$ と比較して小さくすることができる。このため、インクエンド時におけるアクチュエータ650の振

動特性を、容器1に印刷可能な量のインクKが残存しているインク残存時と大きく異ならせることができ、インクエンドをより確実に検出することができる。

【0259】図24は、アクチュエータの他の実施形態を示す斜視図である。アクチュエータ660は、アクチュエータ660を構成する振動板72の貫通孔1cよりも外側にバッキン76を有する。アクチュエータ660の外周には、カシメ孔77が形成されている。アクチュエータ660は、カシメ孔77を介して、カシメにより容器1に固定される。

【0260】図25(A)、(B)は、アクチュエータの更に他の実施形態を示す図である。本実施形態においては、アクチュエータ670は、凹部形成基板80および圧電素子82を備える。凹部形成基板80の一方の面には、凹部81がエッチング等の手法により形成され、他方の面に圧電素子82が取り付けられている。凹部形成基板80のうち、凹部81の底部が振動領域として作用する。従って、アクチュエータ670の振動領域は、凹部81の周縁によって規定される。

【0261】アクチュエータ670は、図1の実施例によるアクチュエータ106において、基板178および振動板176が一体として形成された構造と類似する。この場合、インクカートリッジを製造する際の製造工程を短縮することができ、コストが低減される。アクチュエータ670は、容器1に設けられた貫通孔1cに埋め込み可能なサイズであることが好ましい。それによって、凹部81がキャビティとしても作用することができる。尚、図1の実施例によるアクチュエータ106を、図25の実施例によるアクチュエータ670と同様に、貫通孔1cに埋め込み可能なように形成してもよい。

【0262】図26は、アクチュエータ106を取付モジュール体100として一体形成した構成を示す斜視図である。モジュール体100は、インクカートリッジの容器1の所定個所に装着される。モジュール体100は、インク液中の少なくとも音響インピーダンスの変化を検出することにより、容器1内の液体の消費状態を検知するように構成されている。

【0263】本実施形態のモジュール体100は、容器1にアクチュエータ106を取り付けるための液体容器取付部101を有する。液体容器取付部101は、平面がほぼ矩形の基台102と、駆動信号により発振するアクチュエータ106を収容する基台102上の円柱部116と、を有している。また、モジュール体100は、インクカートリッジに装着されたときに、モジュール体100のアクチュエータ106が外部から接触できないように構成されている。これにより、アクチュエータ106を外部的な接触から保護することができる。なお、円柱部116の先端側エッジは丸みが付けられていて、インクカートリッジに形成された孔へ装着する際に嵌めやすくなっている。

【0264】図27は、図26に示したモジュール体100の分解図である。モジュール体100は、樹脂からなる液体容器取付部101と、プレート110および凹部113を有する圧電装置装着部105（図26参照）を含む。さらに、モジュール体100は、リードワイヤ104a及び104b、アクチュエータ106及びフィルム108を有する。好ましくは、プレート110は、ステンレス又はステンレス合金等の錆びにくい材料から形成される。

【0265】液体容器取付部101に含まれる円柱部116および基台102は、リードワイヤ104a及び104bを収容できるように中心部に開口部114が形成されると共に、アクチュエータ106、フィルム108、及びプレート110を収容できるように開口部114の周囲に凹部113が形成されている。

【0266】アクチュエータ106は、プレート110にフィルム108を介して接合され、プレート110およびアクチュエータ106は凹部113（液体容器取付部101）に固定される。従って、リードワイヤ104a及び104b、アクチュエータ106、フィルム108及びプレート110は、液体容器取付部101に一体として取り付けられる。

【0267】リードワイヤ104a及び104bは、それぞれアクチュエータ106の上部電極及び下部電極と結合して、圧電層に駆動信号を伝達する一方、アクチュエータ106が検出した共振周波数の信号を記録装置等へ伝達する。

【0268】アクチュエータ106は、リードワイヤ104a及び104bから伝達された駆動信号に基づいて、一時的に発振する。また、アクチュエータ106は、発振後に残留振動し、その振動によって逆起電力を発生させる。このとき、逆起電力波形の振動周期を検出することによって、液体容器内の液体の消費状態に対応した共振周波数を検出することができる。

【0269】フィルム108は、アクチュエータ106とプレート110とを接着して、アクチュエータを液密にする。フィルム108は、ポリオレフィン等によって形成し、熱融着で接着することが好ましい。アクチュエータ106とプレート110とをフィルム108によって面状に接着して固定することにより、接着の場所によるばらつきが無くなり、振動部以外の部分が振動しない。したがって、アクチュエータ106をプレート110に接着しても、アクチュエータ106の振動特性は変化しない。

【0270】なお、プレート110は円形状であり、基台102の開口部114は円筒状に形成されている。アクチュエータ106及びフィルム108は矩形状に形成されている。リードワイヤ104a及び104b、アクチュエータ106、フィルム108及びプレート110は、基台102に対して着脱可能としてもよい。基台1

02、リードワイヤ104a及び104b、アクチュエータ106、フィルム108及びプレート110は、モジュール体100の中心軸に対して対称に配置されている。また、基台102、アクチュエータ106、フィルム108及びプレート110の中心は、モジュール体100のほぼ中心軸上に配置されている。

【0271】また、基台102の開口部114の面積は、アクチュエータ106の振動領域の面積よりも大きく形成されている。プレート110の中心でアクチュエータ106の振動部に直面する位置には、貫通孔112が形成されている。図1および図2に示したように、アクチュエータ106にはキャビティ162が形成されており、貫通孔112とキャビティ162とが、共にインク溜部を形成する。プレート110の厚さは、残留インクの影響を少なくするために、貫通孔112の径に比べて小さいことが好ましい。例えば、貫通孔112の深さはその径の3分の1以下の大きさであることが好ましい。貫通孔112は、モジュール体100の中心軸に対して対称なほぼ真円の形状である。また、貫通孔112の面積は、アクチュエータ106のキャビティ162の開口面積よりも大きい。貫通孔112の断面の周縁は、テーパー形状であっても良いし、ステップ形状であってもよい。モジュール体100は、貫通孔112が容器1の内側へ向くように、容器1の側部、上部又は底部に装着される。インクが消費され、アクチュエータ106周辺のインクがなくなると、アクチュエータ106の共振周波数が大きく変化することに基づいて、インクの水位変化を検出することができる。

【0272】図28は、モジュール体の他の実施形態を示す斜視図である。本実施形態のモジュール体400は、液体容器取付部401に圧電装置装着部405が形成されている。液体容器取付部401は、平面がほぼ角丸の正方形上の基台402と、基台402上の円柱状の円柱部403と、を有している。更に、圧電装置装着部405は、円柱部403上に立てられた板状要素406および凹部413を含む。板状要素406の側面に設けられた凹部413には、アクチュエータ106が縦向きに配置されている。なお、板状要素406の先端は所定角度に面取りされていて、インクカートリッジに形成された孔へ装着する際に嵌めやすくなっている。

【0273】図29は、図28に示したモジュール体400の分解斜視図である。図26に示したモジュール体100と同様に、モジュール体400は、液体容器取付部401および圧電装置装着部405を含む。液体容器取付部401は基台402および円柱部403を有し、圧電装置装着部405は板状要素406および凹部413を有する。アクチュエータ106は、プレート410に接合されて凹部413に固定される。モジュール体400は、リードワイヤ404a及び404b、アクチュエータ106、及びフィルム408をさらに有する。

【0274】なお、本実施形態では、プレート410は矩形状であり、板状要素406に設けられた開口部414も矩形状に形成されている。リードワイヤ404a及び404b、アクチュエータ106、フィルム408、及びプレート410は、基台402に対して着脱可能として構成しても良い。アクチュエータ106、フィルム408及びプレート410は、開口部414の中心を通り開口部414の平面に対して鉛直方向に延びる中心軸に対して、対称に配置されている。更に、アクチュエータ106、フィルム408及びプレート410の中心は、開口部414のほぼ中心軸上に配置されている。

【0275】プレート410の中心に設けられた貫通孔412の面積は、アクチュエータ106のキャビティ162の開口の面積よりも大きく形成されている。アクチュエータ106のキャビティ162と貫通孔412とは、共にインク溜部を形成する。プレート410の厚さは、貫通孔412の径に比べて小さく、例えば貫通孔412の径の3分の1以下の大きさに設定することが好ましい。貫通孔412は、モジュール体400の中心軸に対して対称なほぼ真円の形状である。貫通孔412の断面の周縁は、テーパ形状であっても良いし、ステップ形状であってもよい。モジュール体400は、貫通孔412が容器1の内部に配置されるように、容器1の底部に装着することができる。アクチュエータ106が垂直方向に延びるように容器1内に配置されるので、基台402の高さを変えてアクチュエータ106が容器1内に配置される高さを変えることにより、インクエンドの時点の設定を容易に変えることができる。

【0276】図30は、モジュール体の更に他の実施形態を示す。図26に示したモジュール体100と同様に、図30(A)乃至図30(C)のモジュール体500は、基台502および円柱部503を有する液体容器取付部501を含む。また、モジュール体500は、リードワイヤ504a及び504b、アクチュエータ106、フィルム508、及びプレート510をさらに有する。液体容器取付部501に含まれる基台502は、リードワイヤ504a及び504bを収容できるように中心部に開口部514が形成され、アクチュエータ106、フィルム508、及びプレート510を収容できるように開口部514の周囲に凹部513が形成される。アクチュエータ106は、プレート510を介して、圧電装置装着部505に固定される。従って、リードワイヤ504a及び504b、アクチュエータ106、フィルム508及びプレート510は、液体容器取付部501に一体として取り付けられる。

【0277】本実施形態のモジュール体500は、平面がほぼ角丸の正形状の基台502上に、上面が上下方向に斜めな円柱部503が形成されている。円柱部503の上面の上下方向に斜めに設けられた凹部513上に、アクチュエータ106が配置されている。

【0278】すなわち、モジュール体500の先端は傾斜しており、その傾斜面にアクチュエータ106が装着されている。このため、モジュール体500が容器1の底部又は側部に装着されると、アクチュエータ106が容器1の上下方向に対して傾斜するように配置される。モジュール体500の先端の傾斜角度は、検出性能を鑑みて、ほぼ30°から60°の間とすることが望ましい。

【0279】モジュール体500は、アクチュエータ106が容器1内に配置されるように容器1の底部又は側部に装着される。モジュール体500が容器1の側部に装着される場合には、アクチュエータ106が、傾斜しつつ、容器1の上側、下側、又は横側を向くように容器1に取り付けられる。一方、モジュール体500が、容器1の底部に装着される場合には、アクチュエータ106が、傾斜しつつ、容器1のインク供給口側を向くように容器1に取り付けられることが好ましい。

【0280】図31は、図26に示したモジュール体100を容器1に装着したときの、インク容器の底部近傍の断面図である。モジュール体100は、容器1の側壁を貫通するように装着されている。容器1の側壁とモジュール体100との接合面には、リング365が設けられ、モジュール体100と容器1との液密を保っている。このようにリングでシールが出来るために、モジュール体100は、図26で説明したような円柱部を備えることが好ましい。

【0281】モジュール体100の先端が容器1の内部に挿入されることで、プレート110の貫通孔112を介して、容器1内のインクがアクチュエータ106と接触する。アクチュエータ106の振動部の周囲が液体か気体かによって、アクチュエータ106の残留振動の共振周波数が異なるので、モジュール体100を用いてインクの消費状態を検出することができる。

【0282】また、モジュール体100に限らず、図28に示したモジュール体400、図30に示したモジュール体500、さらに後述する図32及び図33に示すモジュール体700A、700B、750A、及び750B、及び、モールド構造体600を容器1に装着して、インクの有無を検出してもよい。

【0283】図32は、モジュール体100の更に他の実施形態を示す。図32(A)のモジュール体750Aは、アクチュエータ106bと基台部360とを有する。モジュール体750Aは、その前面が容器1の側壁の内面と略一体となるように、容器1に装着されている。アクチュエータ106bは、圧電層160、上部電極164、下部電極166、及び振動板176を含む。振動板176の上面に下部電極166が形成されている。下部電極166の上面には圧電層160が形成され、圧電層160の上面に上部電極164が形成されている。したがって、圧電層160は、上部電極164及

び下部電極166によって上下から挟まれるように形成されている。圧電層160、上部電極164、及び下部電極166は、圧電素子を形成する。圧電素子は振動板176上に形成されている。圧電素子及び振動板176の振動領域は、アクチュエータが実際に振動する振動部である。容器1の側壁には貫通孔385が設けられている。したがって、インクは容器1の貫通孔385を介して、振動板176と接触する。

【0284】次に図32(A)に示したモジュール体750Aの動作について説明する。上部電極164及び下部電極166は、圧電層160に駆動信号を伝達すると共に、圧電層160が検出する共振周波数の信号を記録装置に伝達する。圧電層160は、上部電極164及び下部電極166によって伝達された駆動信号により発振し、その後残留振動する。この残留振動により、圧電層160は逆起電力を発生する。そして、逆起電力波形の振動周期をカウントし、その時点での共振周波数を検出することで、インクの有無を検出できる。

【0285】モジュール体750Aは、アクチュエータ106bの振動部の圧電素子側とは反対の面、すなわち、図32(A)に示すように、振動板176のみが、インク容器1内のインクと接触するようになっている。図32(A)のモジュール体750Aでは、図26から図30に示したリードワイヤ(104a、104b、404a、404b、504a及び504b)の電極のモジュール体への埋め込みが不要となる。このため、成形工程が簡素化される。更に、モジュール体750Aの交換やリサイクルが可能となる。また更に、アクチュエータ106bは基台部360により保護されているので、アクチュエータ106bを外側との接触から保護できる。

【0286】図32(B)は、モジュール体の更に他の実施形態を示す。図32(B)のモジュール体750Bは、アクチュエータ106bと基台部360とを有する。モジュール体750Bは、その前面が容器1の側壁の内面と略一体となるように、容器1に装着されている。アクチュエータ106bは、圧電層160、上部電極164、下部電極166、及び振動板176を含む。振動板176の上面に下部電極166が形成されている。下部電極166の上面には圧電層160が形成され、圧電層160の上面に上部電極164が形成されている。したがって、圧電層160は、上部電極164及び下部電極166によって上下から挟まれるように形成されている。圧電層160、上部電極164、及び下部電極166は、圧電素子を形成する。圧電素子は振動板176上に形成されている。圧電素子及び振動板176の振動領域は、アクチュエータが実際に振動する振動部である。容器1の側壁には薄壁部380が設けられている。モジュール体750Bは、アクチュエータ106bの振動部の圧電素子側とは反対の面、すなわち、図32

(B)に示すように、振動板176のみが、インク容器1の薄壁部380と接触するように容器1に装着される。したがって、アクチュエータ106bの振動部は、薄壁部380と共に残留振動する。

【0287】次に図32(B)に示したモジュール体750Bの動作について説明する。上部電極164及び下部電極166は、圧電層160に駆動信号を伝達すると共に、圧電層160が検出する共振周波数の信号を記録装置に伝達する。圧電層160は、上部電極164及び下部電極166によって伝達された駆動信号により発振し、その後共振周期で振動する。振動板176が容器1の薄壁部380と接触しているため、アクチュエータ106bの振動部は、薄壁部380と共に残留振動する。薄壁部380の容器1の内面側は、インクと接触するので、アクチュエータ106bが薄壁部380と共に残留振動する際、この残留振動の共振周波数及び振幅は、インク残量により変化する。この残留振動により、圧電層160は逆起電力を発生する。そして、逆起電力波形の振動周期をカウントし、その時の共振周波数を検出することにより、インク残量を検出することができる。

【0288】図32(B)のモジュール体750Bでは、図26から図30に示したリードワイヤ(104a、104b、404a、404b、504a及び504b)の電極のモジュール体への埋め込みが不要となる。このため、成形工程が簡素化される。更に、モジュール体750Bの交換やリサイクルが可能となる。また更に、アクチュエータ106bは基台部360により保護されているので、アクチュエータ106bを外側との接触から保護できる。

【0289】図33(A)は、モジュール体700Bを容器1に装着したときのインク容器の断面図を示す。図33(A)の場合、取付構造体の1つとしてモジュール体700Bを使用する。モジュール体700Bは、その液体容器取付部360が容器1の内部に突出するようにして、容器1に装着されている。取付プレート350に貫通孔370が形成され、貫通孔370とアクチュエータ106bの振動部とが面している。更に、モジュール体700Bの底壁に孔382が形成され、圧電装置装着部363が形成されている。アクチュエータ106bは、孔382を塞ぐようにして配備される。

【0290】したがって、インクは、圧電装置装着部363の孔382及び取付プレート350の貫通孔370を介して、振動板176と接触する。圧電装置装着部363の孔382及び取付プレート350の貫通孔370は、共にインク溜部を形成する。圧電装置装着部363とアクチュエータ106bとは、取付プレート350及びフィルム部材によって固定されている。また、液体容器取付部360と容器1との接続部には、シーリング構造372が設けられている。シーリング構造372は、合成樹脂等の可塑性の材料により形成されてもよいし、

○リングにより形成されてもよい。図33(A)のモジュール体700Bと容器1とは別体であるが、図33(B)に示すように、モジュール体700Bの圧電装置装着部を容器1の一部で構成してもよい。

【0291】図33(A)のモジュール体700Bでは、図26から図30に示したリードワイヤのモジュール体への埋め込みが不要となる。このため、成形工程が簡素化される。更に、モジュール体700Bの交換が可能となり、リサイクルが可能となる。

【0292】インクカートリッジが揺れる際に、インクは容器1の上面あるいは側面に付着し得る。このようなインクは、容器1の上面あるいは側面から垂れてアクチュエータ106bに接触して、アクチュエータ106bを誤作動させる可能性がある。しかし、モジュール体700Bの液体容器取付部360が容器1の内部に突出している場合、容器1の上面や側面から垂れてきたインクによりアクチュエータ106bが誤作動することはない。

【0293】また、図33(A)の例では、振動板176と取付プレート350の一部のみが、容器1内のインクと接触するように容器1に装着される。

【0294】図33(B)は、アクチュエータ106bを容器1に装着したときの他の例についてのインク容器の断面図を示す。図33(B)の例によるインクカートリッジでは、保護部材361が、アクチュエータ106bとは別体として容器1に取り付けられている。従って、保護部材361とアクチュエータ106bとはモジュールとして一体となっていない。しかしながら、保護部材361は、アクチュエータ106bをユーザーの手が触れないように保護することができる。アクチュエータ106bの前面に対応して、容器1の側壁に孔380が配設されている。

【0295】アクチュエータ106bは、圧電層160、上部電極164、下部電極166、振動板176及び取付プレート350を含んでいる。取付プレート350の上面に振動板176が形成され、振動板176の上面に下部電極166が形成されている。そして、下部電極166の上面に圧電層160が形成され、圧電層160の上面に上部電極164が形成されている。したがって、圧電層160の主要部は、上部電極164の主要部及び下部電極166の主要部によって上下から挟まれるように形成されている。圧電層160、上部電極164及び下部電極166のそれぞれの主要部である円形部分は、圧電素子を形成する。圧電素子は振動板176上に形成されている。圧電素子及び振動板176の振動領域は、アクチュエータが実際に振動する振動部である。取付プレート350には、貫通孔370が設けられている。したがって、インクは、容器1の孔380及び取付プレート350の貫通孔370を介して、振動板176と接触する。容器1の孔380及び取付プレート350

の貫通孔370は、共にインク溜部を形成する。また、図33(B)の例では、アクチュエータ106bは、保護部材361により外部との接触から保護されている。

【0296】尚、図33(A)および(B)の例におけるアクチュエータ106b及び取付プレート350は、図1の基板178を有するアクチュエータ106で置換可能である。

【0297】図33(C)は、アクチュエータ106bを含むモールド構造体600を備える実施形態を示す。図33(c)の例では、取付構造体の1つとしてモールド構造体600を使用する。モールド構造体600は、アクチュエータ106bとモールド部364とを有する。アクチュエータ106bとモールド部364とは、一体に成形されている。モールド部364は、シリコン樹脂等の可塑性の材料によって成形される。モールド部364は、アクチュエータ106b側から延びる2本の足を有するように形成されている。モールド部364の足部は、内部にリードワイヤ362を有する。モールド部364は、モールド部364と容器1とを液密に固定するために、モールド部364の2本の足の端が容器1の外側で半球状に形成されている。モールド部364は、アクチュエータ106bが容器1の内部に突出するように容器1に装着される。これにより、アクチュエータ106bの振動部が容器1内のインクと接触する。モールド部364によって、アクチュエータ106bの上部電極164、圧電層160、及び下部電極166が、インクとの接触から保護されている。

【0298】図33(C)のモールド構造体600は、モールド部364と容器1との間にシーリング構造372を必要としないで、インクが容器1から漏れにくい。また、容器1の外部からモールド構造体600が突出しない形態であるので、アクチュエータ106bを外部との接触から保護することができる。またモールド構造体600は、モールド部364が容器1の内部に突出しているので、容器1の上面や側面から垂れてきたインクにより、アクチュエータ106bが誤作動することがない。

【0299】なお、上記の各モジュール体は、いずれも1つのアクチュエータを有するよう構成されているが、2つのアクチュエータを有する構成も可能である。この場合の概略を、図34に示す。図34に示すようなモジュール体4000を用いれば、図35に示すように、図10及び図11を用いて上述した所定液面LLへの液面制御を、極めて高精度に実現することができる。また、2つのアクチュエータを別個に設ける場合と比較して、装置の小型化が図れる他、設置精度が向上するという利点もある。

【0300】以上、キャリッジ及びキャリッジに装着されるキャリッジと別体のインクカートリッジに対して、当該インクカートリッジ又はキャリッジにアクチュエー

10

20

30

40

50

タ 106 を装着する場合について主に説明した。しかしながら、キャリッジと一体化され、キャリッジと共にインクジェット記録装置に装着されるインクタンクにアクチュエータ 106 を装着してもよい。更に、キャリッジと別体の、チューブ等を介してキャリッジにインクを供給するオフキャリッジ方式のインクタンクにアクチュエータ 106 を装着してもよい。また、記録ヘッドとインク容器とが一体となって交換可能に構成された部材のインクカートリッジ相当部分に、本発明のアクチュエータを装着してもよい。

【0301】なお、記録装置制御部 2000、2004、2006、それらの各要素及び制御装置 840c (図 15 参照) は、コンピュータシステムによって構成され得る。ここで、コンピュータシステムにこれらの各要素を実現させるためのプログラム及び当該プログラムを記録したコンピュータ読取り可能な記録媒体 201 (図 5 参照) も、本件の保護対象である。

【0302】さらに、前記の各要素が、コンピュータシステム上で動作する OS 等のプログラムによって実現される場合、当該 OS 等のプログラムを制御する各種命令を含むプログラム及び当該プログラムを記録した記録媒体 202 も、本件の保護対象である。

【0303】ここで、記録媒体 201、202 とは、フロッピーディスク等の単体として認識できるものの他、各種信号を伝搬させるネットワークをも含む。

【0304】なお、液体の例としては、インクの他に、グルー、マニキュア等が用いられ得る。

【0305】なお、以上の各実施の形態において、振動部及び／またはキャピティは、親インク部（親液部）として構成されることが好ましい。このような場合について、図 36 乃至図 40 を用いて説明する。

【0306】図 36 は、ブラックインク用のインクカートリッジの一実施の形態の断面図である。インクを収容する容器本体 5001 には、記録装置のインク供給針に接合するインク供給口 5002 が設けられている。容器本体 5001 の底面 5001a 近傍の側面には、例えば図 1 に示すようなアクチュエータ 106 が、貫通孔 5001c を介して内部のインクと接触できるように取付けられている。

【0307】インク K がほぼ消費されつくした段階つまりインクニアエンドとなった段階（時点）でアクチュエータ 106 と接触する媒体がインクから気体へと変更するように、アクチュエータ 106 は、インク供給口 5002 よりも若干上方の位置に設けられている。なお、振動を発生する手段を独立して設け、アクチュエータ 106 を単に検知手段として用いても良い。

【0308】図 36 及び図 37 に示すように、インク供給口 5002 には、パッキン 5004 及び弁体 5006 が設けられている。特に、図 37 に示すように、パッキン 5004 は記録ヘッド 5031 に連通するインク供給

針 5032 と液密に係合する。弁体 5006 は、パネ 5005 によってパッキン 5004 に対して常時弾接されている。

【0309】インク供給針 5032 が挿入されると、弁体 5006 は当該インク供給針 5032 に押されてインク流路を開放し、容器本体 5001 内のインクがインク供給口 5002 およびインク供給針 5032 を介して記録ヘッド 5031 へ供給される。

【0310】図 37 に示すように、記録用紙の幅方向に往復動可能なキャリッジ 5030 が、サブタンクユニット 5033 を備えていて、記録ヘッド 5031 がサブタンクユニット 5033 の下面に設けられている。また、インク供給針 5032 はサブタンクユニット 5033 のインクカートリッジ搭載面側に設けられている。なお、容器本体 5001 の上部壁の上には、インクカートリッジ内のインクに関する情報を格納した半導体記憶手段 5007 が装着されている。

【0311】図 38 (A) および図 38 (B) は、それぞれ、親液性でない材料 B1 および親液性の材料 B2 について説明するための図である。ここで、親液性とは、液体容器に収容され得る任意の液体との親和性を意味し、親水性、親油性、超親水性、超親油性等を含む。

【0312】図 38 (A) および図 38 (B) に示すように、液体 L が親液性でない材料 B1 と接触している時の接触角（盛上がり角、立上がり角） $\theta 1$  は、液体 L が親液性である材料 B2 と接触している時の接触角  $\theta 2$  に比較して大きい。このように、親液性は、当該液体の接触角に影響を与える。親液性を有する材料 B2 に対する接触角  $\theta 2$  は、比較的鋭い鋭角になっている。本実施例においては、親液部に対する液体 L の接触角は約 30 度以下である。接触角は、後述する理由により、0 度により近い方が好ましい。

【0313】親液部は、材料自体を親液性にするによって、あるいは、粗面化処理することによって、あるいは、親液性の材料を被覆等することによって、形成され得る。親液性の高い材料は、一般的に、当該液体との関係において液体の表面張力も小さい。

【0314】図 39 (A) は、図 36 のアクチュエータ 106 の近傍部分を拡大した図である。図 39 (B) は、親液部を有しない場合を比較説明するための、図 39 (A) と同様の図である。

【0315】図 39 (B) の場合には、親液部が設けられていない。従って、アクチュエータ 106 の周辺にインクが無いときにインクが振動領域 176a に局所的に付着した場合に、インク滴 M が滞留し得る。それにより、アクチュエータ 106 は、インクが無いにもかかわらず、インクが有ると誤って検出する虞がある。

【0316】これに対して、振動板 176 のうち少なくともインクと接触する振動領域 176a が親液部に含まれる場合、アクチュエータ 106 の周辺にインクが無い

ときにインクが振動領域176aに局所的に付着しても、当該インクの接触角が小さく、当該インクは振動領域176aの表面に薄く滞留するのみであり、多くのインクは滞留せずに流れ落ちる。従って、アクチュエータ106によるインクの検出は実質的に影響されない。

【0317】また、気化したインクが、インクカートリッジ内外の温度差によって、振動領域176aに結露することも防止され得る。仮にインクが結露した場合であっても、インクの接触角が小さいので、インクは振動領域176aの表面に薄く滞留するのみである。従って、アクチュエータ106は、インクが無いにもかかわらず、インクが有ると誤って検出することがない。尚、親液部に含まれる振動領域176aの表面に滞留するインクは非常に薄いので、図39(A)においては図示していない。

【0318】なお、振動領域176aの周辺についても、親液部とすることが好ましい。例えば、キャビティ162の内側面161aについても親液部とすることが好ましい。さらに、容器本体1の内方側に面する基板178の裏面178aを親液部（親インク部）としてもよい。また、アクチュエータ106だけでなく、容器本体5001の貫通孔5001cや容器本体5001の内壁面5001dを親液部とすることも好ましい。このように、振動領域176aの周辺を親液部とした場合、誤って付着したインクがキャビティ162や貫通孔5001cに滞留することがない。

【0319】さらに、キャビティ162内または貫通孔5001c内を親液部とすれば、インクカートリッジ内にインクを再充填する場合に、インクがキャビティ162内または貫通孔5001c内に入り易いという効果がある。このため、特別な方法を要することなく、インクをインクカートリッジ内に容易に再充填することができる。従って、インクジェット記録装置に装着されたインクカートリッジに配備されたアクチュエータ106がインクエンドを検知したときに、ユーザーは、容易にインクをインクカートリッジへ補充することができる。すなわち、インクカートリッジを容易にリサイクルすることができる。

【0320】図39(A)に示す場合においては、インクの液面がアクチュエータ106を通過した後にインクがキャビティ162または貫通孔5001c内に残存しないように、キャビティ162及び貫通孔5001cが設計されている。しかし、キャビティ162または貫通孔5001c内にインクを積極的に残存させるようにキャビティ162または貫通孔5001cを設計してもよい。例えば、キャビティ162または貫通孔5001c内を親液部とすると共に、キャビティ162または貫通孔5001cに作用する毛細管力を利用することによって、キャビティ162または貫通孔5001c内にインクを容易に残存させることができる。

【0321】キャビティ162または貫通孔5001c内にインクを積極的に残存させるようにした場合には、以下の利点が得られる。即ち、液体容器が揺動して液面が波立ったとしても、インクがキャビティ162または貫通孔5001c内に残存しているため、局所的にインク滴がアクチュエータ106の振動領域に付着することがない。よって、アクチュエータの誤動作を防止することができる。

【0322】また、キャビティ162または貫通孔5001cに液体容器内の液体が残っている場合を液体の有無の閾値とすれば、キャビティ162の周辺に液体が無く、この閾値よりキャビティ162または貫通孔5001c内の液体が少ない場合はインク無しと判断し、キャビティ162または貫通孔5001cの周辺に液体があり、この閾値より液体が多い場合はインク有りと判断することができる。

【0323】このような場合、キャビティ内のインクが乾燥してインクが無くなったときであってもインク無しと判断することができる。また、キャビティ内のインクが無くなったところにキャリッジの揺れなどで再度インクがキャビティに付着しても、閾値を越えることはない。よって、インク無しと判断することができる。

【0324】さらなる変形例として、アクチュエータ106、容器本体5001およびインク供給口5002を含め、インクカートリッジ内のインクが接触している部分の全部を親液部としてもよい。かかる場合には、インクカートリッジ内のインクと接触する部分の全部が親液部になる。

【0325】インクカートリッジ内部の全体を親液性にした場合、当該親液性に適合する所定の洗浄液によって、インクカートリッジ内を容易に洗浄することができる。より詳細には、インクカートリッジを使用した後、親液性を有する液体でインクカートリッジ内を洗浄することができる。

【0326】この所定の洗浄液は、容器本体5001内に収容されていたインクよりも、インクカートリッジ内の内壁やアクチュエータ106に対する親和性が高い液体であることが好ましい。例えば、水性のインクがインクカートリッジ内に残存している場合、インクカートリッジ内部に対してより親和性が高い油性の洗浄液で洗浄することが好ましい。洗浄液の種類は、インクカートリッジ内の内壁やアクチュエータ106に対してインクより高い親液性を有すればよく、特に限定はない。

【0327】洗浄液は、インクカートリッジ内の内壁やアクチュエータ106に対してインクより高い親液性を有するので、インクカートリッジ内の内壁やアクチュエータ106とより馴染み易い。従って、インクカートリッジ内に残存していた古いインクや不純物を簡単に洗い流すことができる。さらに、洗浄液の沸点が低ければ、

洗浄後の乾燥が容易になるのでより好ましい。



【0328】また、インクカートリッジ内へ再充填するインク自体を所定の洗浄液として用いてもよい。このような場合でも、容器本体5001内に不純物を溜めることなく、インクカートリッジをリサイクルすることができる。

【0329】さらに、アクチュエータ106を親液性にすることによって、インクを容器本体5001内に再充填した場合に、インクがアクチュエータ106と馴染み易い。よって、アクチュエータ106のキャビティ内にインクが容易に導入される。従って、インクを容器本体5001内に再充填したインクカートリッジをインクジェット記録装置に装着した場合に、アクチュエータ106がインク無しを誤って検出することが無い。

【0330】前述のように、インクカートリッジ内のインクが消費されたときに、キャビティ162または貫通孔5001c内にインクを残存させるように親液部を形成することもできる。例えば、振動領域176aおよびキャビティ162の内側面161aを親インク性にし、かつ、開口161は毛細管力が作用する大きさに構成される。この場合、キャビティ162内にインクが入りやすく、かつ一旦キャビティ162内にインクが満たされると毛細管力によって当該インクが保持される。従って、インクカートリッジ内のインクが消費され、アクチュエータ106の周辺にインクが無い場合であっても、キャビティ162内にインクが残存する。さらに、貫通孔5001cを毛細管力が作用する大きさとすることによって、キャビティ162内だけでなく、貫通孔5001c内にインクを残存させることも可能である。

【0331】さらに、例えば、キャビティ162内にインクを残存させるために、キャビティ162内を親インク性にしつつ、キャビティ162の周辺の基板裏面178aを疎インク性にしてもよい。

【0332】疎液性は、液体容器に収容され得る任意の液体との疎性を意味し、疎水性、疎油性、撥水性、撥油性、離水性、離油性、超疎水性、超疎油性、超撥水性、超撥油性、超離水性、超離油性等を含む。また、疎液部に対する液体の接触角は60度以上であり、180度により近い方が好ましい。

【0333】また、貫通孔5001c内にインクを残存させるために、キャビティ162内、基板裏面178aおよび貫通孔5001cの内壁を親インク性にしつつ、貫通孔5001cの周辺の内側面5001dを疎インク性にしてもよい。

【0334】キャビティ162または貫通孔5001c内を親インク性にしつつ、キャビティ162または貫通孔5001cの周辺を疎インク性にすることによって、キャビティ162または貫通孔5001c内に確実にインクが残存する。さらに、インクを残存させる部分の周辺にインクが付着することを防止することもできる。

【0335】キャビティ162内に液体容器内の液体が

残るように設計することが好ましい場合は次の通りである。

【0336】アクチュエータの液体容器への取り付け位置や取り付け角度によっては、液体容器内の液体の液面がアクチュエータの装着位置よりも下方にあるにもかかわらず、アクチュエータの振動領域に液体が付着してしまう場合がある。振動領域における液体の有無だけでアクチュエータが液体の有無を検出している場合には、アクチュエータの振動領域に付着した液体が液体の有無の正確な検出を妨げる。例えば、液面がアクチュエータの装着位置よりも下方にある状態のとき、キャリッジの往復移動などにより液体容器が揺動して液体が波うち、振動領域に液滴が付着してしまうと、アクチュエータは液体容器内に液体が充分にあるとの誤った判断をしてしまう。

【0337】そこで、逆に、そこに液体が残存する場合であっても液体の有無を正確に検出するように設計されたキャビティを積極的に設けることで、液体容器が揺動して液面が波立ったとしても、アクチュエータの誤動作を防止することができる。このように、キャビティ内を親液性にし、積極的にキャビティ内に液体を残存させることによって、アクチュエータの誤動作を有効に防ぐことができるのである。

【0338】この場合、インクが消費されてインクの液面がアクチュエータ106を通過した後であっても、アクチュエータ106のキャビティ162に液体容器内の液体が残っている場合を、液体の有無の閾値とする。すなわち、キャビティ162の周辺に液体が無く、この閾値よりキャビティ内の液体が少ない場合は、インク無しと判断する。キャビティ162の周辺に液体が有り、この閾値より液体が多い場合は、インク有りと判断する。

【0339】例えば、アクチュエータ106を液体容器の側壁に装着した場合、液体容器内の液面がアクチュエータ106の装着位置よりも下にある場合には、キャビティ内の液体が閾値より少ないので、アクチュエータ106はインク無しを検知する。液体容器内の液面がアクチュエータ106の装着位置より上にある場合には、キャビティ内の液体が閾値より多いので、アクチュエータ106はインク有りを検知する。このように閾値を設定することによって、キャビティ内のインクが乾燥してインクが無くなったときであってもインク無しと判断することができる。また、キャビティ内のインクが無くなったところにキャリッジの揺れなどで再度インクがキャビティに付着しても閾値を越えないので、インク無しと判断することができる。

【0340】尚、アクチュエータ106のレベルをインクの液面が通過した後、キャビティ162を親液部としてキャビティ162内にのみインクを残存させる場合には、キャビティ162内に残存しているインクの量が閾値となり得る。キャビティ162および貫通孔5001



cを親液部としてキャビティ162および貫通孔5001c内にインクを残存させる場合には、キャビティ162および貫通孔5001c内に残存しているインクの量が閾値となり得る。

【0341】キャビティ162や貫通孔5001c内にインクを残存させるか否かは、アクチュエータ106の使用の目的や装着位置等により適宜に決定され得る。

【0342】図40(A)は、図36のアクチュエータ106の近傍部分を拡大した図であって、アクチュエータ106およびその周辺のみインク滴が付着している場合の図である。図40(B)は、親液部を有しない場合を説明するための、図40(A)と同様の図である。図40(A)の場合は、インクカートリッジ内部においてインクが接触する部分が、親液性の材料によって形成されるか、または、親液性の材料によって被覆されている。

【0343】図40(A)の場合、インクカートリッジの壁面等に対するインクの接触角 $\theta_2$ は、比較的小さく、鋭角である。従って、アクチュエータ106が配備されている貫通口5001cの部分にインクが付着した場合でも、インクは親液部に馴染み、すなわち、インクは親液部の表面に薄く滞留するのみであり、多くのインクは滞留せずに流れ落ちる。このため、インクが貫通口5001cの部分に留まることがない。接触角 $\theta_2$ は、約20度以下、特により0度に近いことが好ましい。

【0344】一方、図40(B)のインクカートリッジでは、親液処理が施されていないため、インクカートリッジの壁面等に対するインクの接触角 $\theta_1$ は、比較的大きく、例えば約30度から約60度である。よって、アクチュエータ106が配備されている貫通口5001cの部分にインクが付着した場合、インクは貫通口5001cの部分に滞留し得る。

【0345】従って、図40(B)のインクカートリッジでは、インクカートリッジ内部において実質的にインクが無いにもかかわらず、アクチュエータ106がインクが有るとの誤検出をする虞がある。

【0346】これに対して、前述のように、図40(A)のインクカートリッジでは、インクカートリッジ内部において実質的にインクが無いにもかかわらず、アクチュエータ106がインクが有るとの誤検出をする虞が無い。

【0347】次に、親液性の材料について説明する。親液部を形成するための親液性の材料は、勿論特に限定されない。従って、任意の親液性の材料を使用することができる。親液性の強い材料としては、例えば、光触媒を被覆して紫外線を照射したもの、無機材料、活性化表面を有するもの、親水性エポキシ化合物、シリカ微粒子含有材料、分子内にカルボキシル基、フェノール性水酸基及びエポキシ基から選ばれる官能基を2個以上有する化合物、等がある。

【0348】前記光触媒の材料としては、酸化チタン光触媒が考えられる。より詳細には、アナターゼ型チタニア、ルチル型チタニア等がある。これらの材料を所定の部分に塗布し、紫外線を照射することによって、親液部が得られる。

【0349】シリカ粒子含有材料としては、水または有機溶媒にコロイド状シリカを分散安定化させたものが考えられる。例えば、水酸基やアミノ基を含有する樹脂に無機シリカを加えた物がある。水酸基を含有する樹脂としては、アクリル樹脂、ポリビニルアルコール樹脂、エポキシ樹脂等がある。アミノ基を含有する樹脂としては、アミド樹脂、アミノ樹脂がある。樹脂中に水酸基とアミノ基の両者を含有するように、樹脂を混合したり、樹脂合成時に複合化してもよい。より詳細には、アクリルアミド樹脂、メタクリルアミド樹脂、アミノアクリル樹脂、エポキシアミド樹脂、アミノエポキシ樹脂等がある。樹脂の水酸基当量やアミノ基当量、水酸基とアミノ基当量を官能基として考えた場合の官能基当量が、3000以下であるときに、親水性が特に良好である。

【0350】さらに、有機シラン化合物と、上述した水酸基含有樹脂、アミノ基含有樹脂、または水酸基およびアミノ基を含有する樹脂と、を反応させたものを親液性の材料として使用してもよい。

【0351】所定の材料の表面に親液性の材料を被覆する方法も、特に限定されない。従って、親液性の材料を被覆するための任意の方法を使用することができる。親液性の材料を被覆する方法としては、例えば、メッキ処理、コーティング、堆積などの方法がある。その他の既知の任意の技術を用いて、親液性の材料を被覆することができる。例えば、コーティングの具体例としては、親液部を回転させる前にもしくは回転させている間に親液性の材料を垂らし、当該親液部を回転させることによってコーティングを実施するスピンコート、親液部を親液性材料に浸漬することによってコーティングを実施するディップコート、ロールを用いて親液性の材料を親液部に塗布することによってコーティングを実施するロールコート、等がある。また、単に刷毛などを用いて親液性材料を親液部に塗布してもよい。

【0352】一方、疎液部は、疎液性材料から形成される被膜層を所定箇所貼付することによって形成され得る。

【0353】なお、堆積による方法には、CVD、プラズマCVD、スパッタリング、真空蒸着等がある。

【0354】また、材料の表面の粗度が親液性に影響する場合がある。例えば、接触角が大きい材料を粗面化処理することによって、親液性を高めることができる。また、例えば、材料がフラクタル構造を有する親水性の材料の場合には、表面の粗度を高めると、超親水表面または超親油表面になり得る。従って、フラクタル構造を有する親液性の材料の表面を粗面化処理することによ

て、親液部を形成することが好ましい。もっとも、粗面化処理することによって親液性になる材料であれば、フラクタル構造を有する材料に限定されない。

【0355】なお、アクチュエータ106が、各種のモジュール体100、400、500、700等に設けられる場合には、当該モジュール体等のインク接触部分にも親液部を構成することが好ましい場合がある。

【0356】次に、親液部を有するインクカートリッジの製造方法について具体的に説明する。ここでは、図26に示すモジュール体100を有するインクカートリッジの製造方法例について説明する。

【0357】第1の製造方法においては、まず、アクチュエータ106を、そのキャビティ162が露出するように、所定の治具にセットする。次に、親液性としな領域をマスキングする。そして、親液部を形成するための装置に、アクチュエータ106がセットされた前記所定の治具を取り付け、キャビティ162の内部を親液性に処理する（例えば、親液性材料を被覆またはメッキする）。その後、モジュール体100にアクチュエータ106を取り付ける。そして、アクチュエータ106が設けられたモジュール体100を、インクカートリッジに装着（配備）する。

【0358】前記所定の治具は、例えば、樹脂または金属材料から、キャビティ162の部分に孔を設けた状態で形成される。また、前記マスキングは、熱可塑性樹脂を用いてなされ得て、例えばキャビティ162以外の全部分がマスキングされ得る。

【0359】本方法によれば、アクチュエータ106にのみ親液部を形成することができる。また、親液部の形成の際、アクチュエータ106のみが取り扱われる。従って、親液性を付与することに関する設備が比較的小さくて済む。これにより、同一のインクカートリッジを製造するためのコストを低減させることができる。

【0360】第2の製造方法においては、まず、モジュール体100にアクチュエータ106が取り付けられる。次に、アクチュエータ106のキャビティ162が露出するように、モジュール体100を所定の治具にセットする。そして、親液部を形成するための装置に、モジュール体100がセットされた前記所定の治具を取り付け、必要なマスキングを行った後、キャビティ162の内部及び／またはキャビティ162の周辺のモジュール体100を親液性に処理する（例えば、親液性材料を被覆またはメッキする）。その後、当該モジュール体100をインクカートリッジに装着する。

【0361】本方法によれば、アクチュエータ106のキャビティ162周辺にあるモジュール体100の部分を、キャビティ162の内部と同時に親液化処理することができる。これにより、キャビティ162の内部およびその周辺のモジュール体100部分を、好適に親液性にすることができる。

【0362】第3の製造方法においては、まず、モジュール体100にアクチュエータ106が取り付けられる。次に、モジュール体100をインクカートリッジに装着する。そして、アクチュエータ106のキャビティ162が露出するように、インクカートリッジ自体を所定の治具にセットする。その後、親液部を形成するための装置に、前記所定の治具を取り付け、必要なマスキングを行った後、キャビティ162の内部、キャビティ162の周辺のモジュール体100部分及び／またはインクカートリッジの内部を親液性にする（例えば、親液性材料を被覆またはメッキする）。

【0363】本方法によれば、アクチュエータ106、モジュール体100及び／またはインクカートリッジの内部を同時に親液化処理することができる。これにより、キャビティ162の内部およびその周辺のモジュール体100さらにインクカートリッジの内部を、好適に親液性にすることができる。

【0364】この場合、インクカートリッジの製造時やリサイクル時においてインクを充填する際に、圧電装置にインクを十分に接触させることが確実となる。

【0365】なお、図41は、複数種類のインクを収容するインクカートリッジの一実施の形態を裏側から見た斜視図である。容器5008は、隔壁により3つのインク室5009、5010及び5011に分割されている。それぞれのインク室には、インク供給口5012、5013及び5014が形成されている。それぞれのインク室5009、5010及び5011の底面5008aには、アクチュエータ106c、106dおよび106eが、容器5008を介して各インク室内に収容されているインクに弾性波を伝達できるように取付けられている。本実施の形態によるインクカートリッジの容器5008内またはアクチュエータ106c、106dおよび106eについても、インクと接触する部分を親液性にすることが好ましい。

【0366】以上、本発明を複数の実施の形態を用いて説明したが、本発明の技術的範囲は上記実施の形態に記載の範囲には限定されない。上記実施の形態に、多様な変更又は改良を加えることができる。その様な変更又は改良を加えた形態も本発明の技術的範囲に含まれ得ることが、特許請求の範囲の記載から明らかである。

【0367】

【発明の効果】本発明によれば、収容空間のいわゆる「満タン」状態の検出が、高い信頼性をもって実現され得る。本発明は、収容空間を「満タン」状態とするような液体補充作業にとって、特に有効である。

【0368】あるいは、本発明によれば、収容空間のいわゆる「満タン」状態及び「液体エンド」状態の検出が、高い信頼性をもって実現され得る。本発明は、「液体エンド」を検出した後に収容空間を「満タン」状態とするような液体補充作業にとって、特に有効である。

【0369】あるいは、本発明によれば、収容空間における液面が2組の振動部によって規定される所定区域内に存在するか否かが、高い信頼性をもって検出され得る。本発明は、液面レベルを略一定に維持して液体の水頭圧を略一定に維持すべき場合に、特に有効である。

【図面の簡単な説明】

【図1】アクチュエータ106の詳細を示す図である。

【図2】アクチュエータ106の周辺およびその等価回路を示す図である。

【図3】インクの密度とアクチュエータ106によって 10 検出されるインクの共振周波数との関係を示す図である。

【図4】アクチュエータ106の逆起電力波形を示す図である。

【図5】アクチュエータが音響インピーダンスの変化を検知することで液体容器1内の液体の消費状態を検出し、検出した結果に基づいてインクジェット記録装置を制御する記録装置制御部2000の構成を示す図である。

【図6】図5の場合のアクチュエータの設置位置につい 20 て示す図。

【図7】インク補充装置の一例を示す概略図。

【図8】アクチュエータの設置態様を変更した場合の、図5に対応する図。

【図9】図8の場合のアクチュエータの設置位置について示す図。

【図10】アクチュエータの設置態様を変更した場合の、図5に対応する図。

【図11】図10の場合のアクチュエータの設置位置について示す図。

【図12】図5に示した記録装置制御部2000の更に他の実施の形態を示す図である。

【図13】図12に示した記録装置制御部2004の更に他の実施の形態を示す図である。

【図14】図13に示した記録装置制御部2006の動作手順を示すフローチャートである。

【図15】測定回路部800の回路構成を示す図である。

【図16】検出回路部1100の回路構成を示す図である。

【図17】図16に示した液体有無判定部1000の詳細な回路構成を示す図である。

【図18】アクチュエータ106の他の実施形態を示す図である。

【図19】図18に示したアクチュエータ106の一部の断面を示す図である。

【図20】図19に示したアクチュエータ106の全体の断面を示す図である。

【図21】図18に示したアクチュエータ106の製造方法を示す図である。

【図22】本発明のインクカートリッジの更に他の実施形態を示す図である。

【図23】貫通孔1cの他の実施形態を示す図である。

【図24】アクチュエータ660の他の実施形態を示す図である。

【図25】アクチュエータ670の更に他の実施形態を示す図である。

【図26】モジュール体100を示す斜視図である。

【図27】図26に示したモジュール体100の構成を示す分解図である。

【図28】モジュール体100の他の実施形態を示す図である。

【図29】図28に示したモジュール体400の構成を示す分解図である。

【図30】モジュール体100の更に他の実施形態を示す図である。

【図31】図26に示したモジュール体100をインク容器1に装着した断面の例を示す図である。

【図32】モジュール体100の更に他の実施形態を示す図である。

【図33】モジュール体100の更に他の実施形態を示す図である。

【図34】2つのアクチュエータが内蔵されたモジュール体の例を示す概略図である。

【図35】図34の場合のアクチュエータの設置状況を示す図である。

【図36】ブラックインク用のインクカートリッジの一実施の形態の断面図である。

【図37】図36のインクカートリッジに適したインク 30 ジェット記録装置の要部を示す断面図である。

【図38】ある液体に対して親液性でない材料と親液性である材料とについて説明するための図である。

【図39】図36のアクチュエータの近傍部分を拡大した図である。

【図40】図36のアクチュエータの近傍部分を拡大した図である。

【図41】複数種類のインクを収容するインクカートリッジの一実施の形態を裏側から見た斜視図である。

【符号の説明】

1、1' 容器

1a 底面

1b 側壁

1c、40a 貫通孔

1d 側面

1e、1f 段差部

1g、1h 溝

2 インク供給口

40、41 グリーンシート

42、44 導電層

50 44' 接続部

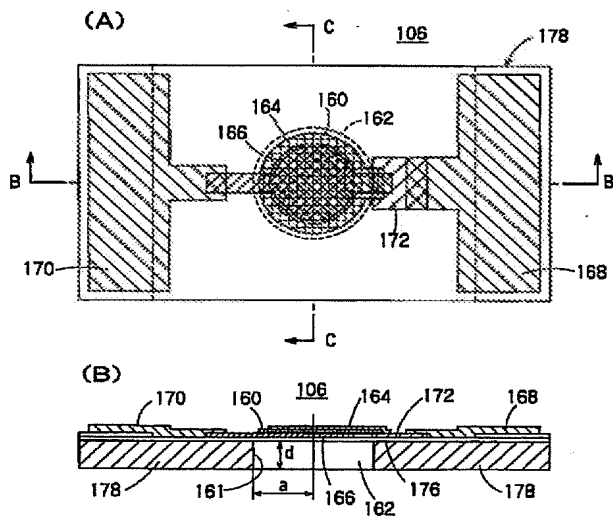
47、48 スペーサ部材  
 67 板材  
 68 フロート  
 71 接着剤層  
 78、80、178 基板  
 73、82、圧電振動板  
 74、75 インク吸収体  
 76 パッキン  
 77 カシメ孔  
 81 凹部  
 100、400、500、700 モジュール体  
 101、401、501 液体容器取付部  
 102 基台  
 104、362 リードワイヤ  
 105、405、505 圧電装置装着部  
 106、106b~106e、650、660、670  
   アクチュエータ  
 106A、106C アクチュエータ  
 SWA、SWC 半導体スイッチ  
 108 フィルム  
 110 プレート  
 112、412、370 貫通孔  
 113 凹部  
 114 開口部  
 116 円柱部  
 160 圧電層  
 162 キャビティ  
 164 上部電極  
 166 下部電極  
 168 上部電極端子  
 170 下部電極端子  
 172 補助電極  
 174 圧電素子  
 176 振動板  
 180 インクカートリッジ  
 181 空気供給口  
 182 インク導入部  
 183 インク導入口  
 184 ホルダー  
 185 空気導入口  
 186 ヘッドプレート  
 187 インク供給口  
 188 ノズルプレート  
 190 ノズル  
 192 防波壁  
 194 インク容器  
 194a 底面  
 194b 側壁  
 194c 上面  
 212 隔壁

213、213a、213b 収容室  
 214 バッファ  
 216、216a、216b 多孔質部材  
 220 インクカートリッジ  
 222 第1の隔壁  
 224 第2の隔壁  
 225a 第1の収容室  
 225b 第2の収容室  
 227 毛管路  
 10 228 逆止弁  
 230 インク供給口  
 232 弁  
 232a 羽根  
 233 通気孔  
 235 バネ  
 242 多孔質部材  
 250 キャリッジ  
 252 記録ヘッド  
 254 インク供給針  
 20 256 サブタンクユニット  
 258、258' 凸部  
 260、260' 弾性波発生手段  
 262 インク室  
 266 膜弁  
 270 弁体  
 272 インクカートリッジ  
 274 容器  
 274a 底面  
 274b 側面  
 30 276 インク供給口  
 278 凹部  
 280、280' ゲル化材  
 282 パッキン  
 284 バネ  
 286 弁体  
 288 半導体記憶手段  
 290 容器  
 290a 底面  
 292、294、296 インク室  
 40 298、300、302 インク供給口  
 304、306、308 ゲル化材  
 310、312、314 凹部  
 316 板材  
 318 フロート  
 350 取付プレート  
 360 液体容器取付部  
 364 モールド部  
 372 シーリング構造  
 402、502 基台  
 50 403、503 円柱部

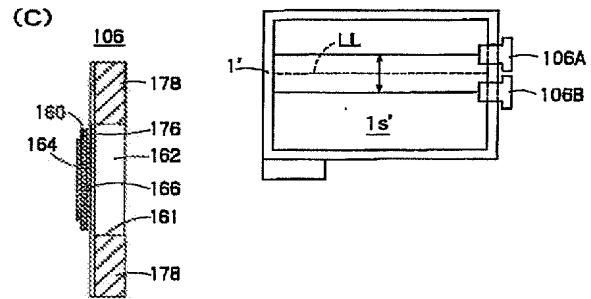
404、504 リードワイヤ  
 408、508 フィルム  
 410、510 プレート  
 413、513 凹部  
 414、514 開口部  
 600 モールド構造体  
 606 アクチュエータ  
 610 回路基板  
 612 端子  
 800 測定回路部  
 810 NPN型トランジスタ  
 812 PNP型トランジスタ  
 816 基準電位生成部  
 818、820、828、830、832 抵抗  
 822、826 コンデンサ  
 824 ハイパスフィルタ  
 834、840、842、844、846 端子  
 836 比較器  
 840c 制御装置  
 850 駆動電圧生成部  
 860 増幅部  
 900 デジタル回路部  
 910、918 フリップフロップ  
 912、920 カウンタ  
 914、916 NANDゲート  
 1000 液体有無判定部  
 1010 液体消費状態補正部  
 1011 上限値レジスタ  
 1012 下限値レジスタ  
 1014、1016 比較部  
 1018 ANDゲート  
 1020、1022 端子  
 1100、1104 検出回路部  
 1200、1210 液体消費状態検出部  
 1300 ヘッド部  
 1400 制御部  
 1402 記録装置動作制御部  
 1404 提示処理部  
 1406 印刷動作制御部  
 1408 インク補充処理部  
 1410 カートリッジ交換処理部  
 1412 印刷データ記憶処理部  
 1414 印字データ記憶部  
 1416 ディスプレイ

1418 スピーカ  
 1420 印刷動作部  
 1422 インク補充装置  
 1424 カートリッジ交換装置  
 1432 クリーニング駆動部  
 1434 ポンプ  
 1436 クリーニング部  
 1440 ヘッド駆動部  
 1442 クリーニング制御部  
 10 1444 情報記憶制御回路部  
 1450 液体吐出カウンタ  
 1452 液体消費量補正部  
 1500、1502、1506 制御回路部  
 2000、2004、2006 記録装置制御部  
 3001 キャリッジ  
 3002 ガイド部材  
 3003 インク供給ユニット  
 3004 記録ヘッド  
 3005 インクカートリッジ  
 20 3006 カートリッジホルダ  
 3007 インク補給ユニット  
 3008 チューブ  
 3009 インク注入口  
 3010 ポンプユニット  
 3021 大気開放口  
 4000 モジュール体  
 5001 容器本体  
 5001a 底面  
 5001c 貫通孔  
 30 5001d 内壁面  
 5002 インク供給口  
 5004 バッキン  
 5005 パネ  
 5006 弁体  
 5007 半導体記憶手段  
 5008 容器  
 5008a 底面  
 5009～5011 インク室  
 1012～5014 インク供給口  
 40 5030 キャリッジ  
 5031 記録ヘッド  
 5032 インク供給針  
 5033 サブタンクユニット

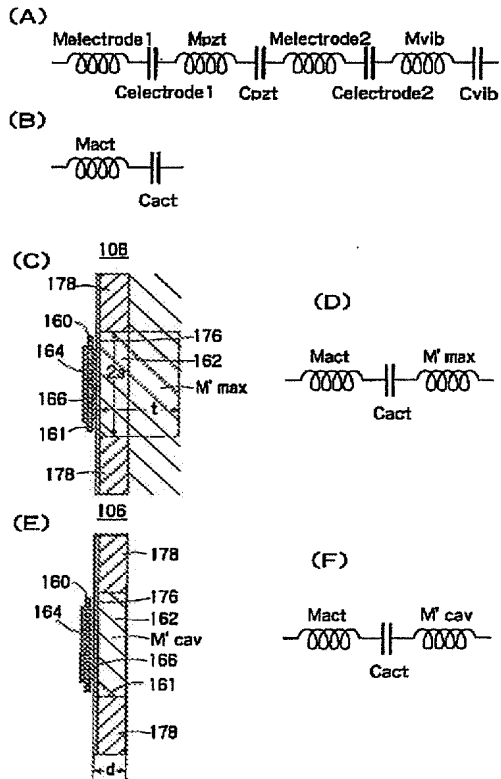
【図1】



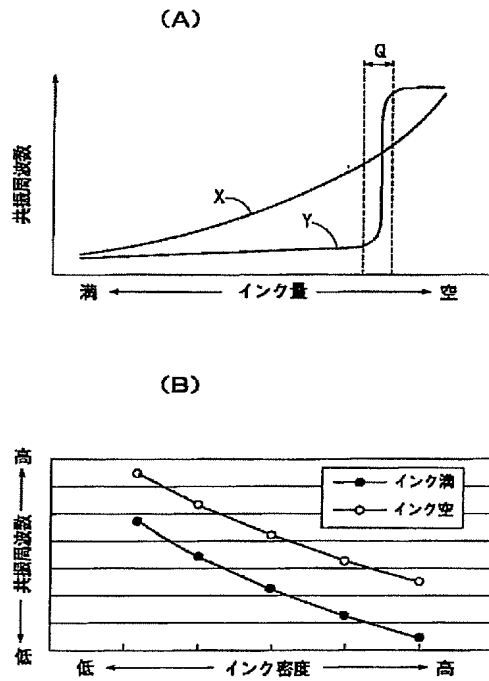
【図11】



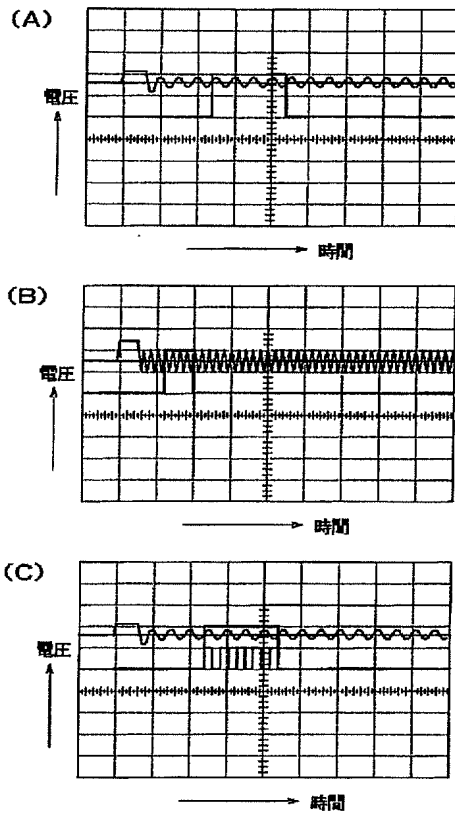
【図2】



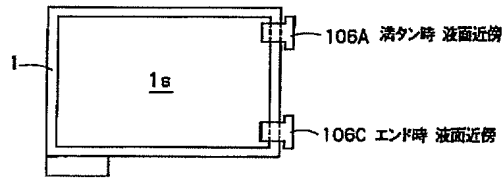
【図3】



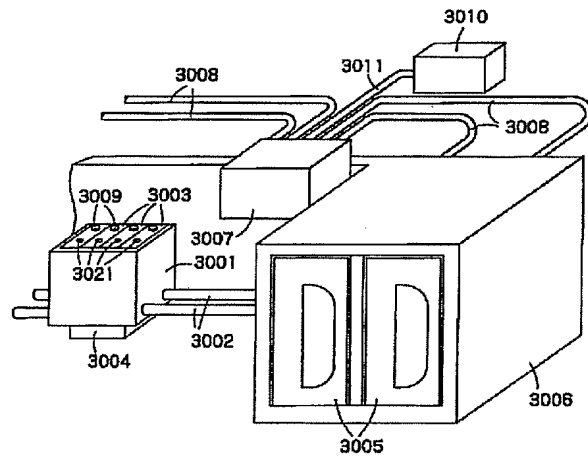
【図 4】



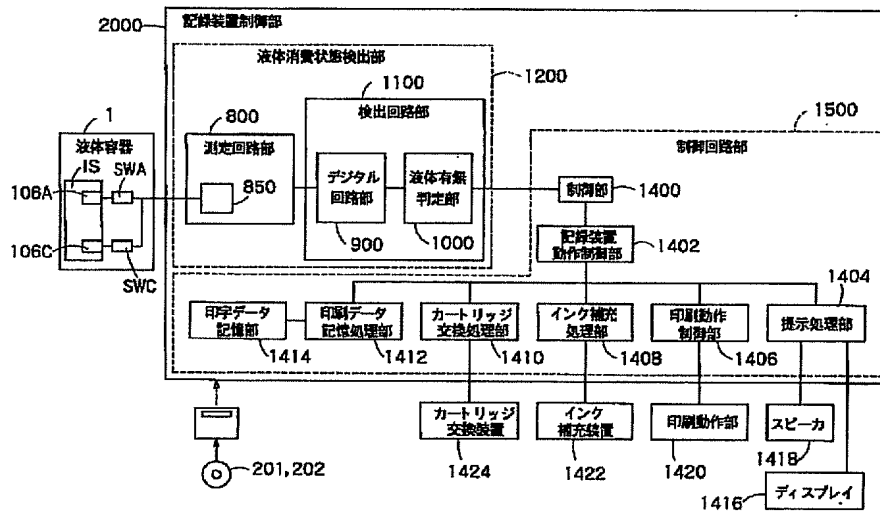
【図 6】



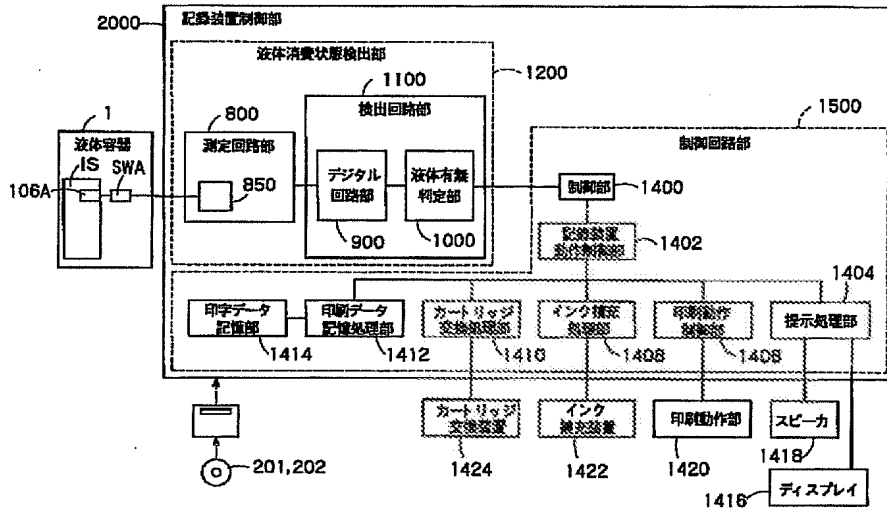
【図 7】



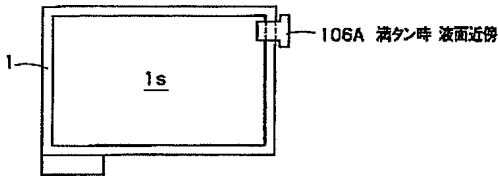
【図 5】



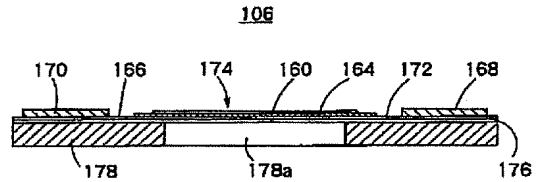
【図8】



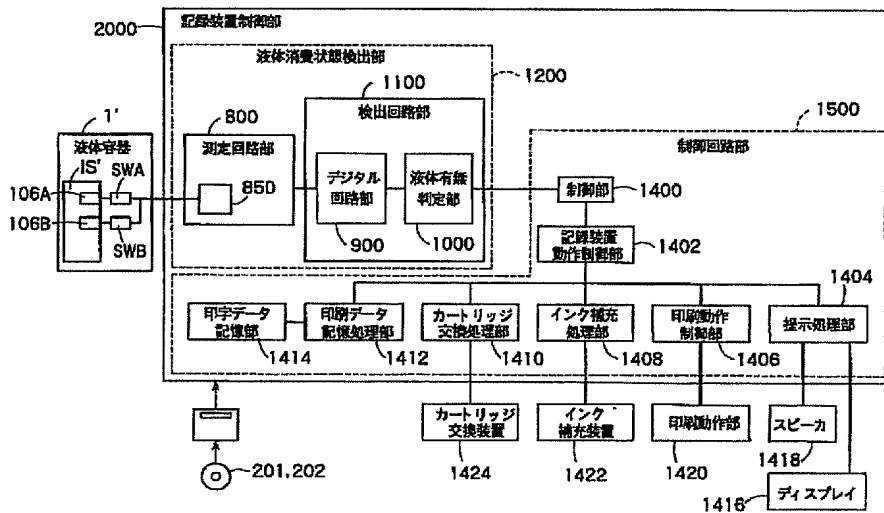
【図9】



【図20】



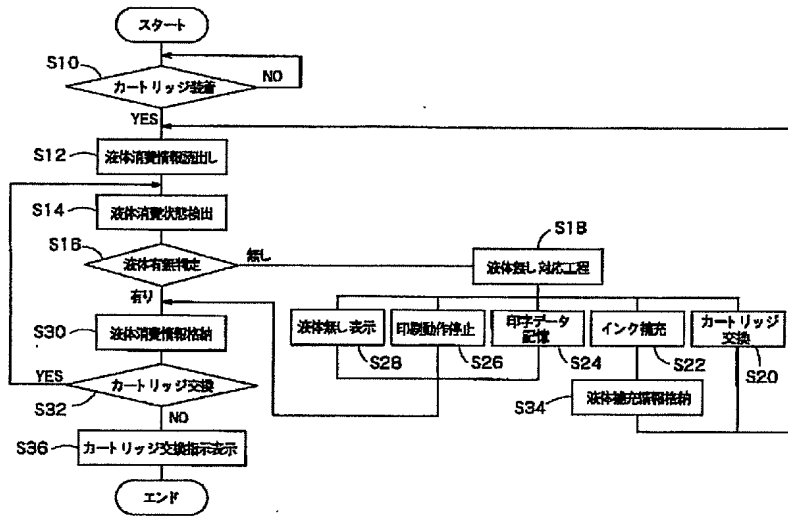
【図10】



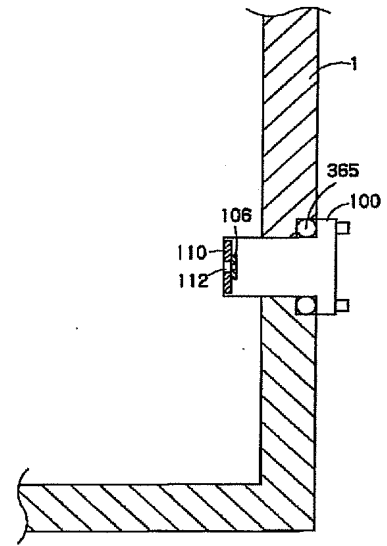


[illegible]

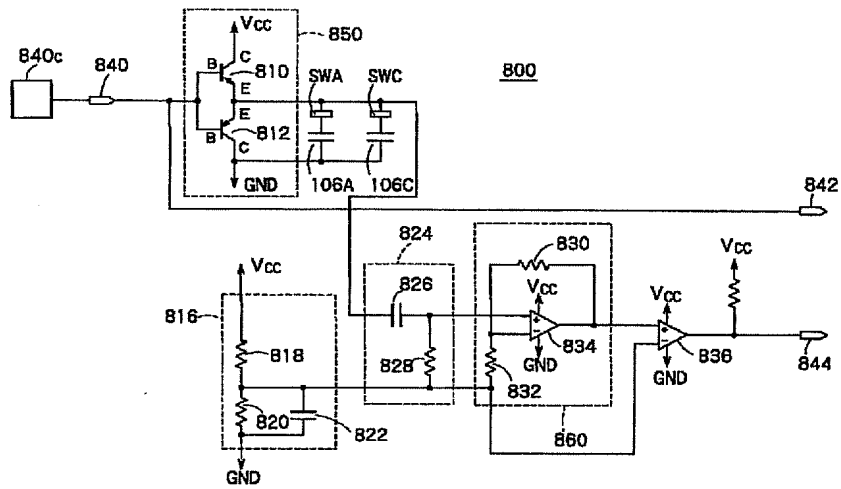
【図14】



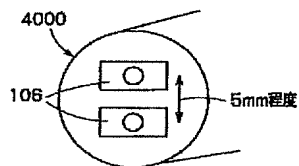
【図31】



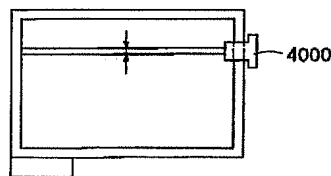
【図15】



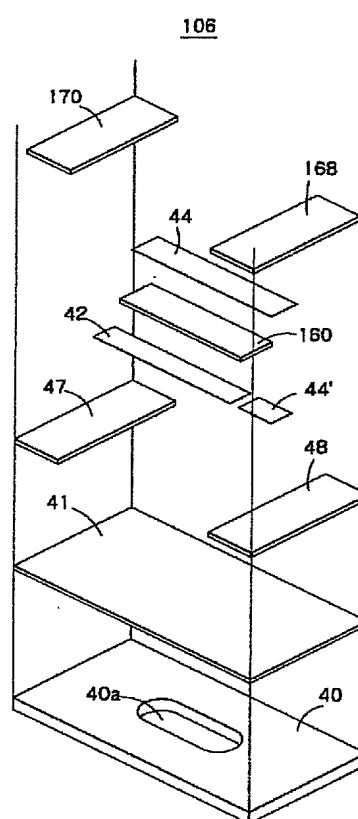
【図34】



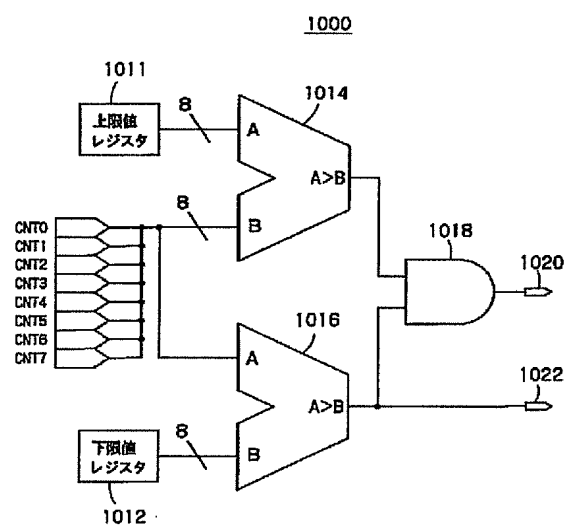
【図35】



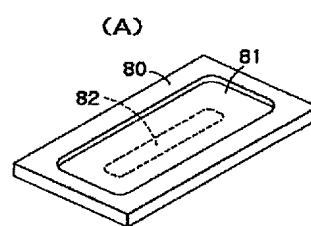
【圖 21】



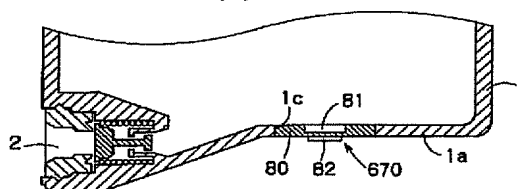
【圖 17】



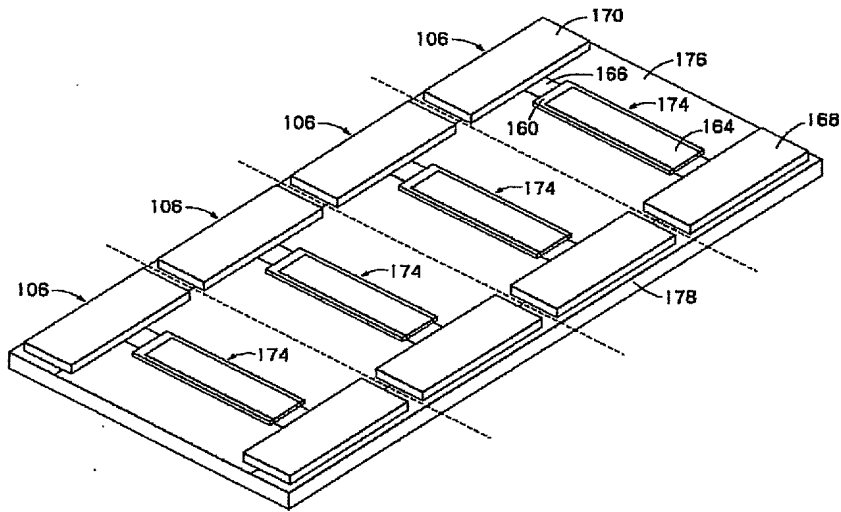
【図25】



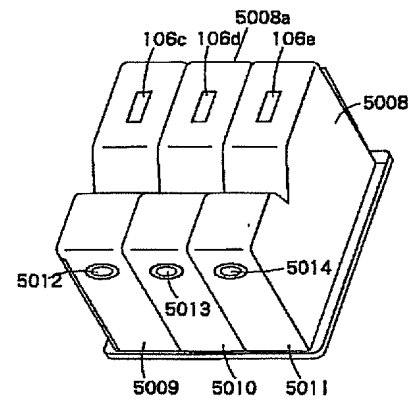
(B)



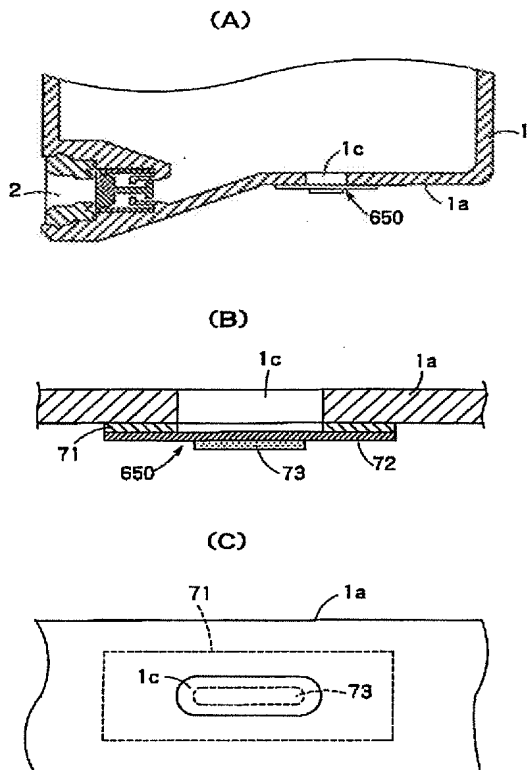
【図18】



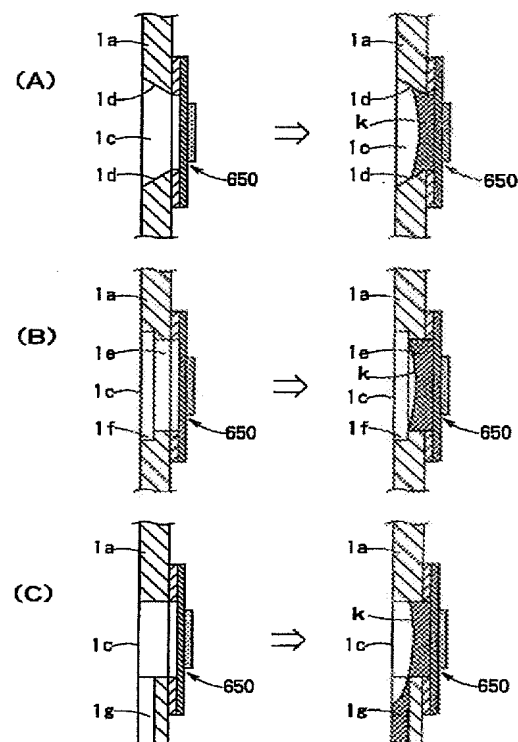
【図41】



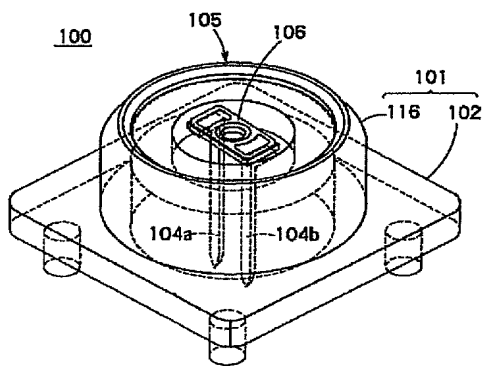
【図22】



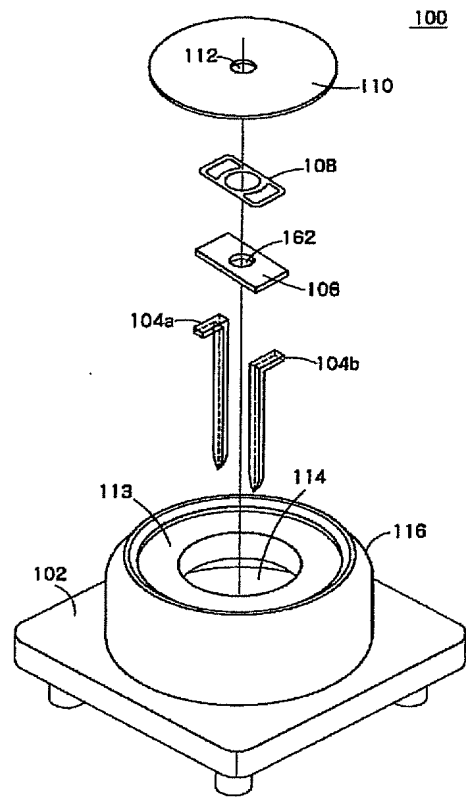
【図23】



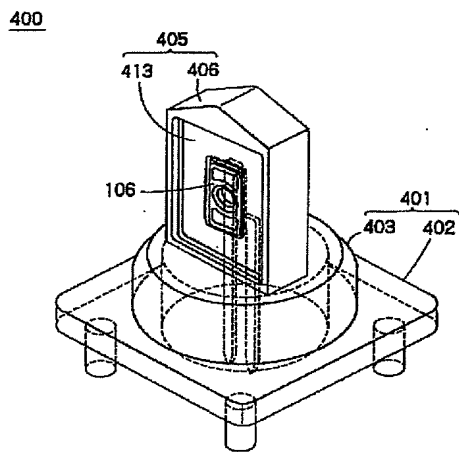
【図26】



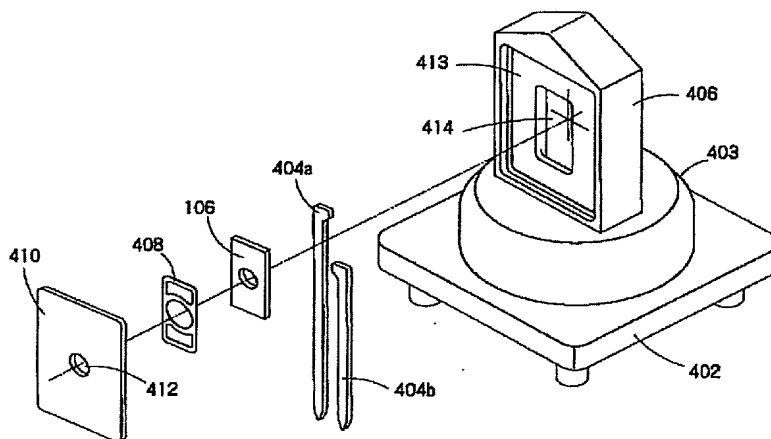
【図27】



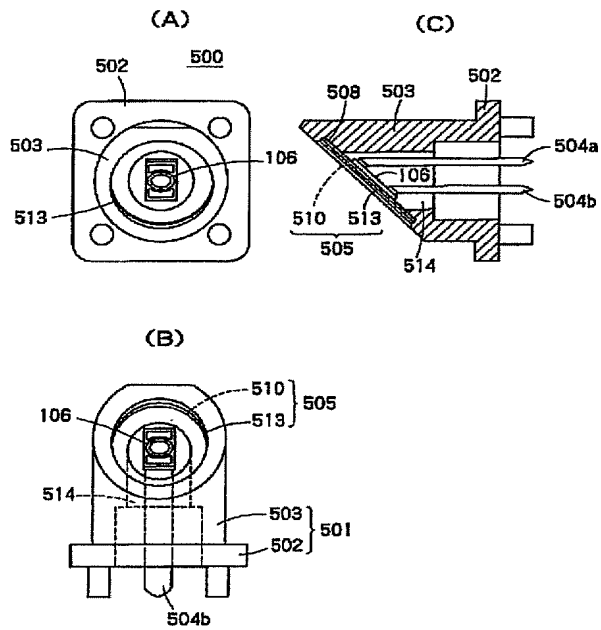
【図28】



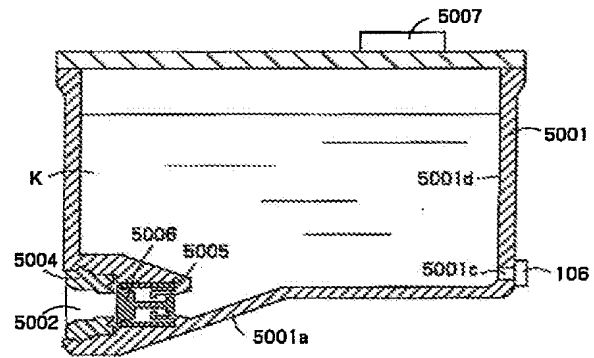
【図29】



【図30】

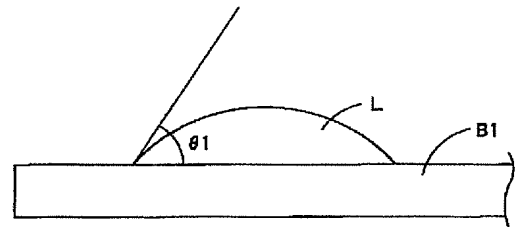


【図36】

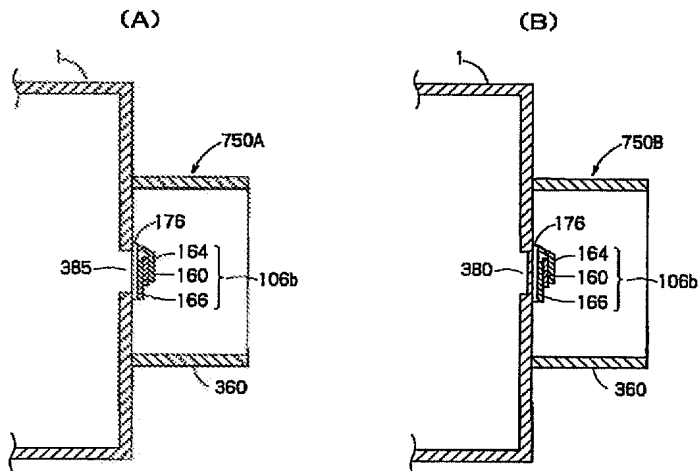


【図38】

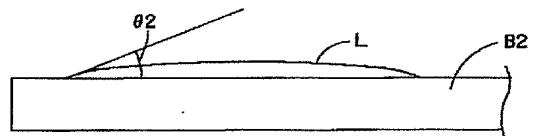
(A)  
親液性でない材料



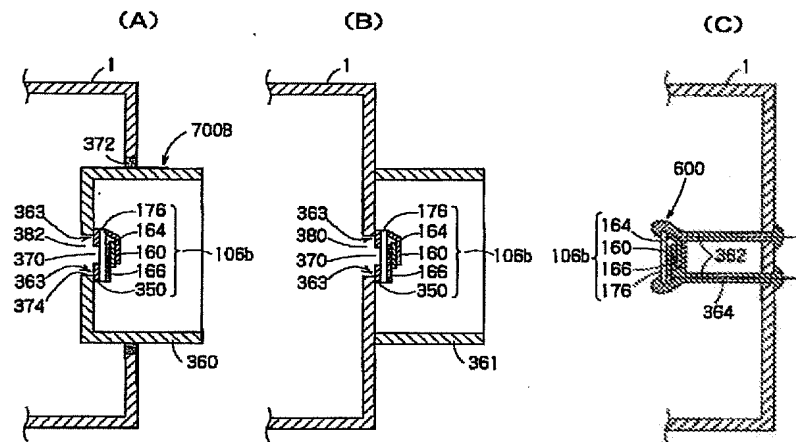
【図32】



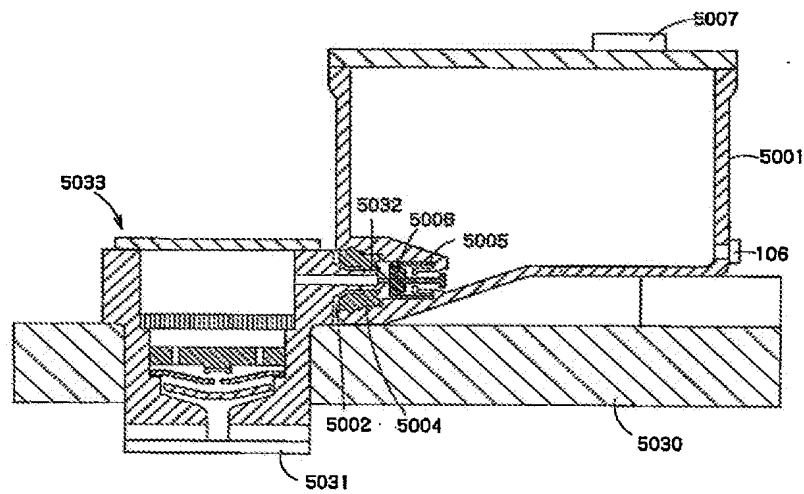
(B)  
親液性の材料



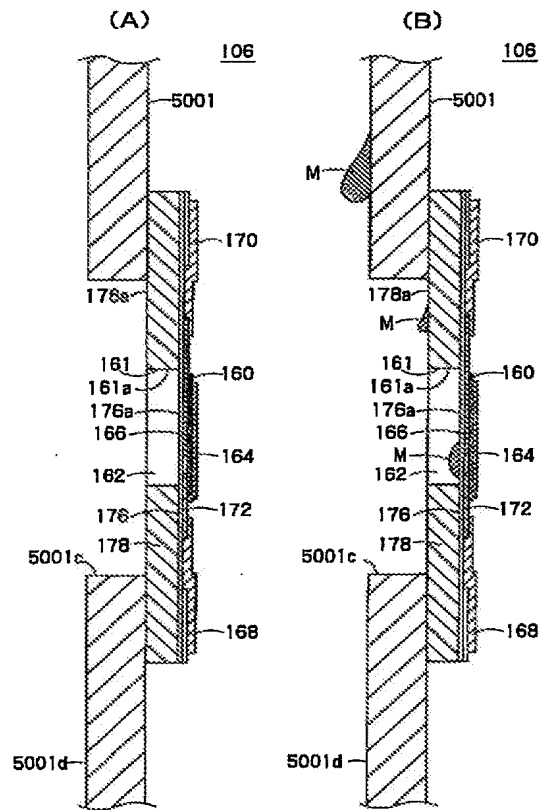
【図33】



【図37】



【図39】



【図40】

